

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA
Departamento de Nutrición y Bromatología II



**Variaciones en la composición química de las bayas del cv. de
vid Tempranillo durante la maduración, producidas por el
sistema de conducción y el régimen hídrico**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR**

María Asunción Esteban Lázaro

Directores

M^a José Villanueva Suárez

José Ramón Lisarrague García-Gutiérrez.

Madrid

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA II:
BROMATOLOGIA**

**VARIACIONES EN LA COMPOSICION QUIMICA DE
LAS BAYAS DEL CV. DE VID TEMPRANILLO
DURANTE LA MADURACION, PRODUCIDAS POR EL
SISTEMA DE CONDUCCION Y EL REGIMEN HIDRICO.**

**TESIS DOCTORAL
M^a ASUNCION ESTEBAN LAZARO
MADRID, 1995**

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA II:
BROMATOLOGIA

**VARIACIONES EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LAS BAYAS DEL CV.
DE VID TEMPRANILLO DURANTE LA MADURACION, PRODUCIDAS POR
EL SISTEMA DE CONDUCCION Y EL REGIMEN HIDRICO.**

Tesis Doctoral que presenta
Dña. M^a Asunción Esteban Lázaro
para optar al Grado de Doctor en Farmacia

DIRECTORES

Dña. María José Villanueva Suárez
D. José Ramón Lissarrague García-Gutierrez
Profesores Titulares

MADRID, 1995



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA II
Bromatología

**D^a M^a ESPERANZA TORIJA ISASA, DIRECTORA DEL DEPARTAMENTO DE
NUTRICION Y BROMATOLOGIA II: BROMATOLOGIA DE LA FACULTAD DE
FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

CERTIFICA: Que el presente trabajo titulado "Variaciones en la composición química de las bayas del cv. de vid Tempranillo durante la maduración, producidas por el sistema de conducción y el régimen hídrico", se ha realizado dentro del Programa de Doctorado "Ciencia, Tecnología y Análisis de Alimentos", bajo la dirección conjunta de los Doctores D^a M^a José Villanueva Suárez y D. José Ramón Lissarrage García-Gutiérrez, y constituye la memoria que presenta la licenciada D^a M^a Asunción Esteban Lázaro para optar al Grado de Doctor en Farmacia.

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente certificado en Madrid a dieciseis de Mayo de mil novecientos noventa y cinco.



IVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA II
Bromatología

MARIA JOSE VILLANUEVA SUAREZ Y JOSE RAMON LISSARRAGE GARCIA-GUTIERREZ, PROFESORES TITULARES DE LOS DEPARTAMENTOS DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA II: BROMATOLOGIA DE LA FACULTAD DE FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, Y PRODUCCIÓN VEGETAL: FITOTECNIA DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRONOMOS DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID.

CERTIFICAN: Que el presente trabajo titulado "Variaciones en la composición química de las bayas del cv. de vid Tempranillo durante la maduración, producidas por el sistema de conducción y el régimen hídrico", se ha realizado bajo nuestra dirección y constituye la memoria que presenta la Licenciada D^a M^a Asunción Esteban Lázaro para optar al Grado de Doctor en Farmacia.

Y para que conste a los efectos oportunos firmamos el presente certificado en Madrid a dieciseis de Mayo de mil novecientos noventa y cinco.

M. J. Villanueva

J. R. Lissarrage

Quiero agradecer profundamente la importantísima colaboración de mis Directores de Tesis Doctoral, la Doctora María José Villanueva Suárez y el Doctor Jose Ramón Lissarrague García-Gutierrez por sus aportaciones y consejos que han sido insustituibles, así como por su orientación y entusiasmo, claves para la realización de esta memoria.

Agradezco al Departamento de Bromatología y Nutrición II de la Facultad de Farmacia, en particular a la Directora Dña. Esperanza Torija Isasa, la posibilidad de haber realizado aquí esta tesis, así como al Departamento de Producción Vegetal (E.T.S.I.A.) por su aportación en la parte experimental de los campos de prácticas y por la colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Así mismo agradezco al Servicio Nacional de Productos Agrarios (S.E.N.P.A.), especialmente al Subdirector Constantino Rivas Martínez las facilidades prestadas para la elaboración de la presente memoria.

Agradezco al profesor Angel Luis Castellanos la paciencia que ha tenido conmigo en relación con mis conocimientos de estadística e informática, y su ayuda en la edición y presentación de este trabajo.

Por último, quisiera dar las gracias a todas aquellas personas que de un modo u otro me han ayudado en el desarrollo y elaboración de la tesis que aquí se presenta, y en especial a mi compañero Jesús Prieto Fernández por su inestimable colaboración y su apoyo incondicional.

A mis padres

A Angel Luis

INDICE

I.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.-INTRODUCCION

2.- OBJETIVOS

II.- PARTE GENERAL

1.- BIOQUIMICA DE LOS PROCESOS EN LOS DISTINTOS ORGANOS DE LA PLANTA.

1.1.- GENERALIDADES

1.1.1.- LA RAIZ

1.1.2.- LAS HOJAS

1.1.3.- EL TALLO

1.1.4.- LAS BAYAS

2.- FISIOLOGIA GENERAL DEL PROCESO DE MADURACION DE LA UVA.

2.1.- GENERALIDADES

2.2.- FACTORES QUE AFECTAN A LA FISIOLOGIA DE LA MADURACION

2.2.1.- RADIACION SOLAR Y TEMPERATURA

2.2.2.- RIEGO

2.2.3.- SISTEMAS DE CONDUCCION

2.2.4.- TECNICAS DE CONTROL DE LA SUPERFICIE FOLIAR

3.- CONSTITUYENTES QUIMICOS

3.1.- AZUCARES

3.1.1.- GENERALIDADES

3.1.2.- BIOSINTESIS Y DEGRADACION

3.1.2.1.- Vías de acumulación

3.1.2.2.- Vías de degradación

3.1.3.- EVOLUCION

3.1.4.- FACTORES QUE AFECTAN A LA EVOLUCION DE LOS AZUCARES	61
3.1.4.1.- <u>Riego</u>	61
3.1.4.2.- <u>Radiación solar y temperatura</u>	63
3.1.4.3.- <u>Técnicas de control de la superficie foliar</u>	65
3.2.- <u>ACIDOS ORGANICOS Y PH</u>	67
3.2.1.- GENERALIDADES	67
3.2.2.- BIOSINTESIS Y DEGRADACION	73
3.2.2.1.- <u>D(+)</u> Tartárico	75
3.2.2.2.- <u>L(-)</u> Málico	79
3.2.2.3.- <u>Cítrico</u>	85
3.2.3.- EVOLUCION	86
3.2.4.- FACTORES QUE AFECTAN A LA EVOLUCION DE LOS ACIDOS ORGANICOS	93
3.2.4.1.- <u>Riego</u>	94
3.2.4.2.- <u>Radiación solar y temperatura</u>	95
3.2.4.3.- <u>Técnicas de control de la superficie foliar</u>	99
3.3.- <u>FRACCION MINERAL</u> : K, Ca, Mg, Na	101
3.3.1.- GENERALIDADES	101
3.3.2.- ORIGEN Y EVOLUCION	104
3.3.3.- FACTORES QUE AFECTAN A LA EVOLUCION DE LA FRACCION MINERAL	110
3.3.3.1.- <u>Riego</u>	110
3.3.3.2.- <u>Radiación solar y temperatura</u>	111
3.4.- <u>FRACCION NITROGENADA</u>	113
3.4.1.- GENERALIDADES	113
3.4.2.- ORIGEN Y EVOLUCION	117
3.4.3.- FACTORES QUE AFECTAN A LA EVOLUCION DE LA FRACCION NITROGENADA	120
3.4.3.1.- <u>Riego</u>	120
3.4.3.2.- <u>Radiación solar y temperatura</u>	121

3.5.- <u>COMPUESTOS POLIFENOLICOS</u>	122
3.5.1.- GENERALIDADES	122
3.5.2.- BIOSINTESIS Y CATABOLISMO	134
3.5.3.- EVOLUCION	
3.5.4.- FACTORES QUE AFECTAN A LA EVOLUCION DE LOS POLIFENOLES	148
3.5.4.1.- <u>Riego</u>	148
3.5.4.2.- <u>Radiación solar y temperatura</u>	149
3.5.4.3.- <u>Técnicas de control de la superficie foliar</u>	151
 III.- PARTE EXPERIMENTAL	
1.- <u>CARACTERIZACION DEL CULTIVO EXPERIMENTAL</u>	
1.1.- <u>CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y EDAFOLOGICAS</u>	153
1.2.- <u>CARACTERISTICAS DEL VIÑEDO</u>	159
2.- <u>PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL</u>	
2.1.- <u>TRATAMIENTOS REALIZADOS</u>	163
2.2.- <u>DISEÑO ESTADISTICO</u>	165
2.3.- <u>MUESTREO DEL MATERIAL VEGETAL</u>	165
3.- <u>METODOLOGIA ANALITICA.</u>	
3.1.- <u>PREPARACION DE LA MUESTRA</u>	167
3.2.- <u>DETERMINACIONES ANALITICAS EN EL MOSTO</u>	167
3.2.1.- °BRIX	168
3.2.2.- PH	168
3.2.3.- ACIDEZ TOTAL	169
3.2.4.- CARACTERISTICAS CROMATICAS	170
3.2.5.- AZUCARES	171
3.2.6.- ACIDOS ORGANICOS	178
3.2.7.- CATIONES MAYORITARIOS	186
3.2.8.- FRACCION POLIFENOLICA	195
3.2.8.1.- <u>Polifenoles totales</u>	196

3.2.8.2.- <u>Antocianos totales</u>	197
3.2.8.3.- <u>Taninos condensados totales</u>	198
3.2.9.- PROLINA	204
3.3.- <u>DETERMINACIONES ANALITICAS EN EL HOLLEJO</u>	208
3.3.1.- PREPARACION DEL EXTRACTO	208
3.3.2.- ANTOCIANOS INDIVIDUALES	209
3.3.3.- FRACCION POLIFENOLICA Y CARACTERISTICAS CROMATICAS	215
IV.- RESULTADOS	217
V.- DISCUSION DE RESULTADOS	
1.- <u>EVOLUCION DE LAS VARIABLES QUIMICAS EN EL MOSTO DURANTE EL PROCESO DE MADURACION.</u>	
1.1.- <u>EVOLUCION DEL PESO DE LAS BAYAS.</u>	222
1.1.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO.	222
1.1.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA	226
1.2.- <u>EVOLUCION DE LOS AZUCARES.</u>	230
1.2.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO.	230
1.2.1.1.- <u>Evolución de los sólidos solubles totales</u>	231
1.2.1.2.- <u>Evolución de la glucosa</u>	235
1.2.1.3.- <u>Evolución de la fructosa</u>	240
1.2.1.4.- <u>Evolución de la relación glucosa/fructosa</u>	246
1.2.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.	249
1.2.2.1.- <u>Evolución de los sólidos solubles totales</u>	249
1.2.2.2.- <u>Evolución de la glucosa</u>	253
1.2.2.3.- <u>Evolución de la fructosa</u>	258

1.2.2.4.- <u>Evolución de la relación glucosa/fructosa</u>	262
1.3.- <u>EVOLUCION DEL PH Y DE LA ACIDEZ.</u>	265
1.3.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO.	265
1.3.1.1.- <u>Evolución del pH</u>	266
1.3.1.2.- <u>Evolución de la acidez total</u>	269
1.3.1.3.- <u>Evolución del ácido tartárico</u>	271
1.3.1.4.- <u>Evolución del ácido málico</u>	276
1.3.1.5.- <u>Evolución del ácido cítrico</u>	282
1.3.1.6.- <u>Evolución de la relación tartárico/málico</u>	287
1.3.1.7.- <u>Evolución de la relación tartárico/suma de los tres ácidos mayoritarios</u>	291
1.3.1.8.- <u>Evolución de otros índices</u>	293
1.3.1.8.1.- El índice de Weaver	293
1.3.1.8.2.- El índice "gluco-acídico"	298
1.3.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.	298
1.3.2.1.- <u>Evolución del pH</u>	299
1.3.2.2.- <u>Evolución de la acidez total</u>	302
1.3.2.3.- <u>Evolución del ácido tartárico</u>	304
1.3.2.4.- <u>Evolución del ácido málico</u>	308
1.3.2.5.- <u>Evolución del ácido cítrico</u>	313
1.3.2.6.- <u>Evolución de la relación tartárico/málico</u>	317
1.3.2.7.- <u>Evolución de la relación tartárico/suma de los tres ácidos mayoritarios</u>	320
1.3.2.8.- <u>Evolución de otros índices</u>	322
1.3.2.8.1.- El índice de Weaver	322
1.3.2.8.2.- El índice "gluco-acídico"	327
1.4.- <u>EVOLUCION DE LA FRACCION MINERAL: K, Ca, Mg, y Na</u>	327
1.4.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO.	327
1.4.1.1.- <u>Evolución del potasio</u>	327

1.4.1.2.- <u>Evolución del calcio</u>	332
1.4.1.3.- <u>Evolución del magnesio</u>	337
1.4.1.4.- <u>Evolución del sodio</u>	341
1.4.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.	345
1.4.2.1.- <u>Evolución del potasio</u>	345
1.4.2.2.- <u>Evolución del calcio</u>	350
1.4.2.3.- <u>Evolución del magnesio</u>	354
1.4.2.4.- <u>Evolución del sodio</u>	358
1.5.- <u>EVOLUCION DE LA FRACCION NITROGENADA.</u>	362
1.5.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO	362
1.5.1.1.- <u>Evolución de la prolina</u>	362
1.5.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA	367
1.5.2.1.- <u>Evolución de la prolina</u>	367
1.6.- <u>EVOLUCION DE LOS COMPUESTOS POLIFENOLICOS.</u>	372
1.6.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO	372
1.6.1.1.- <u>Evolución de la absorbancia a 520 nm y 420 nm</u>	372
1.6.1.2.- <u>Evolución de la intensidad y tonalidad colorante</u>	377
1.6.1.3.- <u>Evolución de los polifenoles totales</u>	381
1.6.1.4.- <u>Evolución de los antocianos totales</u>	386
1.6.1.5.- <u>Evolución de los taninos totales</u>	390
1.6.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA	394
1.6.2.1.- <u>Evolución de la intensidad y tonalidad</u>	394
1.6.2.2.- <u>Evolución de los polifenoles totales</u>	401
1.6.2.3.- <u>Evolución de los antocianos totales</u>	405
1.6.2.4.- <u>Evolución de los taninos totales</u>	409

1.7.- <u>ESTUDIO DE LOS DISTINTOS COMPONENTES EN EL MOSTO CUANDO ESTE ALCANZA 20 °BRIX Y EN LA FECHA DE LA VENDIMIA</u>	413
1.7.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO	414
1.7.1.1.- <u>Peso de 100 bayas</u>	420
1.7.1.2.- <u>Glucosa, Fructosa y relación Glucosa/Fructosa</u>	422
1.7.1.3.- <u>Acidez total, pH, Tartárico, Málico, relación Tartárico/Málico, y otros índices</u>	425
1.7.1.4.- <u>Fracción mineral: K, Ca, Mg, Na</u>	431
1.7.1.5.- <u>Fracción nitrogenada: Prolina</u>	433
1.7.1.6.- <u>Compuestos Fenólicos</u>	434
1.7.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA	437
1.7.2.1.- <u>Peso de 100 bayas</u>	440
1.7.2.2.- <u>Glucosa, Fructosa y relación Glucosa/Fructosa</u>	441
1.7.2.3.- <u>Acidez total, pH, Tartárico, Málico, relación Tartárico/Málico, y otros índices</u>	444
1.7.2.4.- <u>Fracción mineral: K, Ca, Mg, Na</u>	449
1.7.2.5.- <u>Fracción nitrogenada: Prolina</u>	451
1.7.2.6.- <u>Compuestos Fenólicos</u>	452
2.- <u>EVOLUCION DE LAS VARIABLES QUIMICAS EN LOS HOLLEJOS DE UVAS DURANTE EL PROCESO DE MADURACION</u>	
2.1.- <u>EVOLUCION DE LOS COMPUESTOS POLIFENOLICOS</u>	455
2.1.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO,	456
2.1.1.1.- <u>Evolución de la absorbancia a 520 nm y 420 nm</u>	456
2.1.1.2.- <u>Evolución de la intensidad y tonalidad colorante</u>	460
2.1.1.3.- <u>Evolución de los polifenoles totales</u>	463
2.1.1.4.- <u>Evolución de los antocianos totales</u>	466
2.1.1.5.- <u>Evolución de los taninos totales</u>	471

2.1.1.6.- <u>Evolución de la delfinidina y cianidina</u>	474
2.1.1.7.- <u>Evolución de la petunidina</u>	479
2.1.1.8.- <u>Evolución de la peonidina y malvidina</u>	482
2.1.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.	488
2.1.2.1.- <u>Evolución de la intensidad y tonalidad colorante</u>	488
2.1.2.2.- <u>Evolución de los polifenoles totales</u>	493
2.1.2.3.- <u>Evolución de los antocianos totales</u>	497
2.1.2.4.- <u>Evolución de los taninos totales</u>	500
2.1.2.5.- <u>Evolución de la delfinidina y cianidina</u>	502
2.1.2.6.- <u>Evolución de la petunidina</u>	506
2.1.2.7.- <u>Evolución de la peonidina y malvidina</u>	509
2.2.- <u>ESTUDIO DE LOS DISTINTOS COMPONENTES EN EL HOLLEJO CUANDO EL MOSTO ALCANZA 20 °BRIX Y EN LA FECHA DE LA VENDIMIA.</u>	513
2.2.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO	513
2.2.1.1.- <u>Compuestos Fenólicos</u>	513
2.2.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA	521
2.2.2.1.- <u>Compuestos Fenólicos</u>	521
3.- <u>RELACION ENTRE DISTINTOS PARAMETROS</u>	
3.1.- <u>ANALISIS DE REGRESION</u>	525
3.1.1.- PESO-°BRIX	525
3.1.2.- PH-°BRIX	527
3.1.3.- ACIDEZ-°BRIX	527
3.1.4.- PH-ACIDEZ	530
3.1.5.- °BRIX-GLUCOSA+FRUCTOSA	530
3.1.6.- ACIDEZ TOTAL-TARTARICO+MALICO	533
3.1.7.- PROLINA-°BRIX	533
3.1.8.- ANTOCIANOS TOTALES-°BRIX	536

VI.- CONCLUSIONES	539
VII.- BIBLIOGRAFIA	547

I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.- INTRODUCCION

La viticultura representa en torno al 7% de la superficie de tierras cultivadas en España, dando como resultado la producción de uva para mesa y para vinificación, productos ambos cuyo arraigo en nuestro consumo y su importancia en nuestra economía son sobradamente conocidos.

España es el primer país del mundo en cuanto a superficie destinada a viñedo de vinificación, así en el último Anuario de Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación publicado en Noviembre de 1994 se recoge para España una superficie de 1.317.214 ha de viñedo dedicado a uva para transformación. Sin embargo en cuanto a producción y rendimiento, ocupa un puesto alejado de los primeros, pues mientras la media en la Unión Europea es de alrededor de 7.000 Kg/ha, en España es de unos 4.000 Kg/ha. Estos hechos han obedecido a una serie de causas entre las que destacan:

- la mayoría del viñedo en España ocupa zonas de producción de clima semiárido o árido, de muy escasa precipitación que provoca importantísimos déficits hídricos, y en las zonas de producción de uva, el cultivo se desarrolla durante la primavera y el verano coincidiendo cuando las lluvias son más escasas,

- en muchas de las zonas vitícolas los viñedos ocupan terrenos marginales de suelos poco profundos y de reducida fertilidad,

- una gran parte de nuestro viñedo tiene además escaso desarrollo tecnológico, debido a que con la marginalidad edafoclimática resulta estéril la aplicación de recursos que no verían mejoras reflejadas económicamente,

- el cultivo de la vid en España puede calificarse de tradicional, poco mecanizado y con un gran empleo de mano de obra.

En cuanto a las consideraciones sobre la forma de cultivo se observa que el viñedo de vinificación se encuentra en su mayor parte desarrollado en condiciones de secano, pues tan solo hay 37.465 ha en regadío. Ello es debido en gran parte a la prohibición del riego que está regulado por el Estatuto de la Viña, el Vino y los Alcoholes (Ley 25/1970), y por otro lado a que gran parte de la superficie carece de posibilidades de riego, además de la consideración ampliamente asumida y no justificada de que la producción de buenos vinos se ve favorecida por la maduración de las uvas en condiciones de sequía.

En las citadas condiciones, el cultivo de la uva de vinificación se realiza con sistemas de formación y poda en "vaso", consistente en cepas que se caracterizan por la presencia de un tronco bajo que ramifica en brazos de reducido tamaño y en los que se practica una poda corta de los sarmientos en pulgares de una o dos yemas, con medias de cuatro a seis pulgares por cepa. En dichas cepas se desarrollan los pámpanos con los racimos en forma libre con portes globosos, medios o rastreros. La maduración de la reducida cosecha se produce con poca superficie foliar y en condiciones de alta insolación, siendo frecuentes los fenómenos de sobremaduración.

La uva de vinificación producida en gran parte del viñedo y que responde a la descripción anterior se caracteriza en muchos casos, y a grandes rasgos, por: altas concentraciones de azúcar, baja acidez, alta concentración de polifenoles y reducido potencial aromático.

Esta situación, al menos parcialmente, ha evolucionado en algunas zonas de producción en las que se han observado algunos cambios en el viñedo, impulsados por la necesidad de obtener una producción de uva más rentable. En esos cambios se han perseguido objetivos como: la reducción de los costes de producción con disminución del empleo directo de mano de obra y aumentando el grado de mecanización del cultivo, el incremento de los rendimientos de la producción de uva por hectárea, y de forma muy particular, el tratar de producir uva de mejor calidad mejorando así los horizontes comerciales de los vinos. En este sentido cabe destacar los siguientes cambios:

- Reducción de la superficie de cultivo de uva, en gran parte impulsado por la U.E., que está afectando como es lógico a las zonas marginales menos rentables.

- Desplazamiento del cultivo de vid para transformación en vino a terrenos más fértiles, profundos y con mayor disponibilidad hídrica.

- Intensificación del cultivo, en particular un mayor grado de mecanización, gracias a la modificación de la geometría clásica de las cepas que pasa en muchas explotaciones de cultivarse en vasos (con la vegetación más o menos globosa a todo viento) a la forma de espalderas (geometrías más o menos paralelepípedicas). Este hecho se verá lógicamente acentuado también en España debido a la necesidad de conducir así las cepas para realizar una vendimia más mecanizada.

- Por último y aunque todavía es poco significativo algunos viticultores se han planteado, pese a la prohibición por el Estatuto de la Viña, el Vino y los Alcoholes (Ley 25/1970), el riego del viñedo para paliar el déficit hídrico de sus viñedos.

Los cambios de la forma de cultivo, como los citados anteriormente, está ampliamente comprobado que modifican la cantidad de uva de las cepas, dando lugar a relaciones diferentes entre la cantidad de hojas y la cantidad de frutos, además de ser diferentes las condiciones microclimáticas en que las uvas crecen y maduran.

En otro orden, es importante considerar, que es posible que este cambio de cultivo, origine cambios en la composición de las bayas y por tanto de los mostos, que serán de trascendencia diferente según afecten a zonas de producción de vinos corrientes o a zonas de producción de vinos de calidad, como es el caso de las zonas de producción de vinos tintos de calidad obtenidos con la variedad de vid Tempranillo.

Desde el punto de vista enológico, en especial en zonas de producción de vinos de calidad, cabe hacerse varias preguntas:

-¿ Modificará la composición de los mostos el cambio de la forma de producción mediante un determinado sistema de conducción y la poda o del riego?

-¿ Es posible, en caso de producirse estos cambios, que se destipifiquen los vinos resultantes de dichos mostos, cambiando así su personalidad ?

-¿ De producirse estos cambios se mejorarán o empeorarán los mostos y en consecuencia los vinos ?

-¿ De producirse un cambio absolutamente equilibrado es posible incrementar los rendimientos sin afectar negativamente a la composición del mosto ?

2.- OBJETIVOS

Dentro de la viticultura española se observa, como ya se ha expuesto en la introducción, dos cambios importantes respecto a las formas tradicionales de cultivo:

-Reducción del déficit de agua de los viñedos, bien por desplazamiento de las zonas cultivadas hacia suelos con mayor disponibilidad hídrica o bien mediante aplicación de riego.

-Disminución relativa de la superficie de viñedo cultivada tradicionalmente en vaso (forma libre con vegetación no dirigida en todas las direcciones) y aumento relativo de la superficie de viñedo en espaldera (sistema de conducción apoyado mediante una estructura de postes y alambres, que da lugar a una distribución de la vegetación en un seto vertical a la superficie del suelo). Este sistema se ha incrementado para posibilitar un mayor grado de mecanización del cultivo y en particular permitir la realización de la vendimia mecánica.

Ante esta situación se han planificado dos experimentos:

A) Influencia del régimen hídrico: comparación entre el cultivo del viñedo con déficit de agua (secano) y con adecuada disponibilidad de agua (en regadío).

B) Influencia del sistema de conducción: comparación entre el cultivo del viñedo con sistema de conducción y de poda en vaso frente al de espaldera.

En dichos experimentos y para los componentes más significativos de las bayas, que tras la vinificación darán las características químicas y sensoriales que tipificarán los vinos como son los azúcares, ácidos orgánicos, cationes, polifenoles y sustancias nitrogenadas, se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

1.- Cuantificar, periódicamente, durante las distintas fases de crecimiento y maduración de las bayas, la evolución de una forma global de las fracciones de los distintos componentes.

2.- Determinar, durante dicha evolución, la cantidad de cada uno de los principales componentes de forma individualizada. Por ejemplo, dentro de la acidez total se cuantifican los tres ácidos mayoritarios: el tartárico, el málico y el cítrico.

3.- Conocer las concentraciones de los distintos componentes en el momento de la vendimia, suponiendo que ésta se realice en condiciones industriales.

4.- Conocer las concentraciones de los distintos componentes para un estado de maduración de referencia (20 °Brix).

5.- Determinar la influencia de las diferentes fases de evolución en los valores alcanzados en la maduración.

6.- Evaluar el grado de influencia que las condiciones anuales, tanto ambientales como del propio viñedo, ejercen en la composición final del mosto.

7.- Estudiar las posibles relaciones que se establecen entre los distintos componentes a lo largo de las fases de crecimiento y maduración de las bayas, diferenciando las que resulten de tipo causal o las de tipo casual si bien estas últimas son características permanentes en el proceso de la evolución.

8.- Estudiar el efecto de los cambios de capacidad productiva del viñedo, generadas por las condiciones experimentales sobre la composición de las bayas y de los mostos.

9.- Evaluar en conjunto las consecuencias positivas y negativas que conlleva el cambio de cultivo en condiciones de secano con fuerte déficit de agua a regadío con una disponibilidad hídrica adecuada.

10.- Evaluar en conjunto las consecuencias positivas y negativas que conlleva el cambio de la forma de conducción y poda de vaso a espaldera en la composición del mosto.

En resumen, se pretende verificar la hipótesis de que los cambios en la disponibilidad de agua en el viñedo y los cambios en la forma de poda del mismo, cuando éstos son adecuadamente equilibrados en sus niveles de producción y de desarrollo vegetativo, no afectan negativamente a la evolución de la concentración de los principales componentes del mosto y por tanto a la composición final de éste, sino por el contrario se pueden conseguir concentraciones semejantes o incluso en algunos componentes se pueden esperar concentraciones que pueden calificarse como de una mejora en el equilibrio y en la calidad.

II. PARTE GENERAL

1.- BIOQUIMICA DE LOS PROCESOS QUE OCURREN EN LOS DISTINTOS ORGANOS DE LA PLANTA.

1.1.- GENERALIDADES.

Cuanto mejor se conozcan los mecanismos químicos que se desarrollan en los distintos órganos de la viña más fácil es tener un conocimiento de la uva y por consiguiente del vino resultante. Así la bioquímica de la viña constituye un vínculo entre la ampelología, ciencia de la viña, y la enología, ciencia del vino. La bioquímica es cada vez más necesaria en el estudio de diversos problemas de la fisiología de la viña como:

- fenómenos de absorción de agua y sustancias minerales del suelo según las necesidades hídricas;

- síntesis de los constituyentes en los diferentes órganos;

- evolución de los constituyentes en función del proceso de maduración así como de los factores climáticos y culturales;

- intervención de los microorganismos en la superficie de las uvas (hongos y bacterias) que ocasionan diversas modificaciones.

Entre los trabajos más importantes que llevaron a un mejor conocimiento del metabolismo de estos procesos (tanto de síntesis como de degradación) destacan los de Ribéreau-Gayon (1966) con el empleo de radioisótopos.

La vid pertenece a la familia de las *Vitáceas*, que comprende un millar de especies. Las plantas de esta familia son lianas o arbustos de tallo herbáceo o sarmentoso, presentando zarcillos o inflorescencias que están opuestos a las hojas. La familia comprende 14 géneros entre los que se incluye el *Vitis*, originario de las zonas templadas del hemisferio norte (América, Europa y Asia). Dentro de este género, al que pertenecen las vides cultivadas, se encuentran dos subgéneros: *Euvitis* y *Muscadinia*. El subgénero *Euvitis* comprende unas treinta especies que se encuentran distribuidas en América del Norte, en Asia Oriental, y en Europa y Asia Occidental. En Europa y Asia Occidental sólo existe una especie *V. vinifera* que presenta buenas cualidades para la producción de vino, uva de mesa y uvas pasas. Esta especie comprende millares de variedades que son el resultado de cruzamientos naturales; la selección natural se encarga de eliminar a los individuos inadaptados al medio y la selección humana se encarga de coger las

variedades que mejor se ajustan a sus necesidades. Las vides cultivadas tienen flores hermafroditas (y a veces femeninas), mientras que las silvestres son dioicas, es decir, coexisten plantas con flores femeninas y plantas con flores masculinas. Esta especie cultivada se multiplica por vía vegetativa aunque es sensible a las enfermedades criptogámicas y a la filoxera.

La vid, como toda planta, desarrolla un sistema radicular y una parte aérea. Las raíces colonizan el suelo y subsuelo a lo largo de su vida y la parte aérea lo constituyen un tronco que se divide en brazos portadores de la madera de poda denominados sarmientos, y son los que llevan las yemas que originarán tallos foliados, fructíferos o no. Se estudian los distintos mecanismos bioquímicos que ocurren en los órganos de la vid según sus funciones fisiológicas más importantes y la relación entre ellos (Figura 1, 2, 5).

Las distintas funciones fisiológicas de los órganos de la vid se obtienen de referencias de distintos autores como Reynier (1989), Ribéreau-Gayon (1966), Mullins y col. (1992), Winkler y col. (1974), Carbonneau y col. (1978).

1.1.1.- LA RAÍZ.

La raíz es la parte subterránea de la planta que asegura el anclaje al suelo y presenta una serie de funciones principales como son la absorción del agua y de elementos minerales para su conducción a las partes aéreas, ya que son constituyentes necesarios de todas las células de la cepa, el almacenamiento de sustancias elaboradas por las hojas y los frutos jóvenes (sustancias de reserva) y una función de expulsión de los desechos de la respiración y de la absorción.

Por tanto las raíces acumulan y metabolizan una parte de las sustancias que absorben, mientras que el resto de las sustancias absorbidas y los productos formados se transportan hacia los órganos aéreos (Figura 1).

*Absorción-

Este fenómeno es fundamental para las plantas y se realiza a través de los pelos absorbentes y las células epidérmicas de la raíz. Los procesos de absorción de los elementos minerales y del agua se pueden realizar de un modo pasivo por los mecanismos de ósmosis gracias a una simple difusión (cada uno de esos componentes se desplaza de un medio más concentrado a otro de menor concentración), o de un modo activo (en contra-corriente) que es el más frecuente, y así los pelos absorbentes que están más concentrados que el medio exterior y

cargados siempre negativamente, bombean el agua y los iones del exterior al interior utilizando la energía liberada de los procesos respiratorios realizados a partir de la combustión de los metabolitos (azúcares principalmente). Esta fase activa depende de la temperatura (óptima a 30°C, ya que el frío disminuye los fenómenos de absorción), de la tensión de oxígeno (los suelos que no están convenientemente aireados dificultan la absorción de minerales) y de las reservas orgánicas.

La entrada de esos elementos por difusión no es lineal, ya que la velocidad de absorción disminuye a medida que se va alcanzando el equilibrio, mientras que la absorción activa si lo es. Además la absorción activa es selectiva, es decir, la simple presencia de un ion disuelto en elevadas concentraciones en el suelo no implica una rápida absorción por los pelos absorbentes, sino que selecciona el elemento que es absorbido.

La absorción de elementos minerales está condicionada a la velocidad de absorción del agua, ya que los minerales van a ir disueltos en ella, si bien los que se encuentren insolubilizados necesitan una previa dilución mediante excreciones ácidas por parte de la planta.

El mecanismo de absorción está condicionado en parte por la transpiración de la planta, debido a que las células de las hojas al perder agua, provocan una concentración de las sustancias de la savia, favoreciendo así la absorción de agua por parte de las raíces. También hay que tener en cuenta que en ese momento los pelos absorbentes no están completamente turgentes y se favorece el paso de agua hacia la raíz.

*Conducción

La savia bruta está compuesta de agua, de iones minerales, de nitrógeno, de compuestos orgánicos (azúcares, sustancias de crecimiento, ácidos orgánicos) en cantidad variable según los periodos del año, las condiciones de absorción y las necesidades de la parte aérea. Esta savia se distribuye al conjunto de los órganos y en particular a las hojas y a los frutos.

La savia bruta circula bajo presión en los vasos, fenómeno que se constata por el vertido de savia (lloros) por las heridas de poda en primavera. Este movimiento de savia se atenúa a lo largo de la primavera, adaptándose progresivamente a la aspiración ejercida a nivel de las hojas por la transpiración.

La velocidad de conducción depende por tanto del flujo de agua que atraviesa la planta desde la solución del suelo hasta su expulsión por los estomas. Ese flujo depende de la reserva de agua útil del suelo por una parte, y de la intensidad de la transpiración por otra.

*Almacenamiento

El sistema radicular sirve para acumular diversos compuestos sintetizados por la parte aérea de la planta, esencialmente azúcares en forma de almidón. Esta reserva amilácea por una parte, sirve para producir, por medio de la respiración, la energía necesaria para las funciones propias de la raíz, y por otra parte, juega un papel regulador en la alimentación carbonada de la planta entera. Los azúcares formados en la fotosíntesis se reparten entre los frutos y las partes vivaces (sarmientos, brazos, tronco y raíces), donde son almacenados y pueden ser reutilizados a lo largo de la maduración a nivel de los frutos, principalmente cuando la producción de azúcares por fotosíntesis sea insuficiente. Pero sobre todo tienen un papel regulador a lo largo del año siguiente durante el crecimiento y desarrollo de los ramos, de las raíces y de los frutos. Fournioux y Bessis (1984) han mostrado que el crecimiento de los pámpanos de una cepa totalmente defoliada se realiza merced a la movilización de reservas glucídicas.

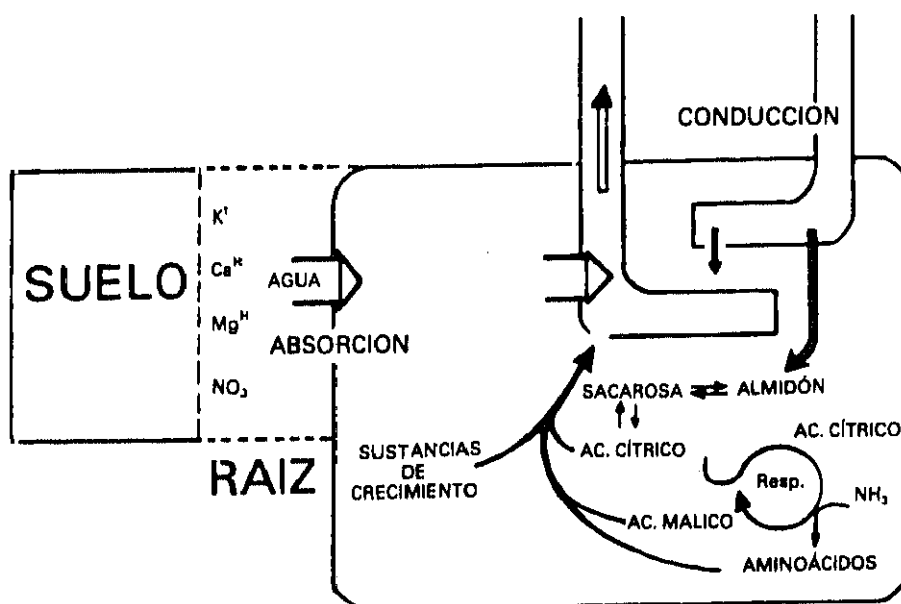


Figura 1.- Funciones de las raíces: absorción del agua y de los elementos minerales, conducción, almacenamiento de reservas, metabolismo (Reynier, 1989).

*Metabolismo

La energía necesaria para mantener la vida de las células de la raíz se obtiene por la respiración. Los azúcares de reserva sufren una serie de descarboxilaciones oxidativas con

liberación de energía que sirve para el transporte activo de las moléculas en el curso de la absorción, para la conducción de la savia bruta y para la biosíntesis de sustancias.

Las reservas de almidón acumuladas en las raíces se utilizan para la respiración, para la síntesis de ácidos orgánicos como el cítrico, y de citoquininas. El ácido cítrico va a sufrir una oxidación progresiva en ácido málico durante su migración desde las raíces a las hojas, el ácido tartárico también está presente en las raíces en cantidad apreciable, si bien no parece formarse en este órgano sino procedente de una migración de las partes aéreas, fundamentalmente de las bayas. El cítrico juega un papel en el transporte de cationes, aminoácidos, sustancias de crecimiento (auxinas y citoquininas). Estos metabolitos son utilizados en la raíz o en otros órganos a donde son transportados, así de las citoquininas formadas una gran parte migra hacia los pámpanos, favoreciendo el crecimiento y la iniciación floral.

1.1.2.- LAS HOJAS

Las hojas tienen una gran influencia en la composición de las uvas, por eso deben ser manejadas de tal modo que se aproveche todo su potencial. Las hojas aparecen sobre los ramos desde el desborre y su número aumenta hasta la parada del crecimiento. Juegan un papel fisiológico importante y poseen desde el punto de vista ampelográfico caracteres propios a cada especie y variedad.

Las primeras hojas que aparecen, y que están situadas en la base del ramo, se han iniciado en la yema latente del ciclo vegetativo precedente. La hoja está constituida por un peciolo que une el limbo al ramo, este peciolo es un eje rectilíneo por el cual pasan los haces libero-leñosos que unen la hoja a la red general de conducción del pámpano o del sarmiento.

Entre las funciones de las hojas destacan la producción de moléculas orgánicas por fotosíntesis, la respiración y la transpiración (Figura 2).

*Transpiración

Este proceso consiste en una difusión de vapor de agua a través de los estomas o en menor grado por la cutícula, y está provocada por una diferencia de presión entre la cavidad subestomática (donde el aire está saturado en agua) y el aire en la proximidad de la hoja (Figura 3).

No todo el agua del suelo es absorbida y posteriormente transpirada por las hojas sino que una parte también se evapora del suelo por las altas temperaturas; se designa por evapotranspiración a la cantidad total de agua evaporada, tanto por el suelo como por los vegetales presentes en él.

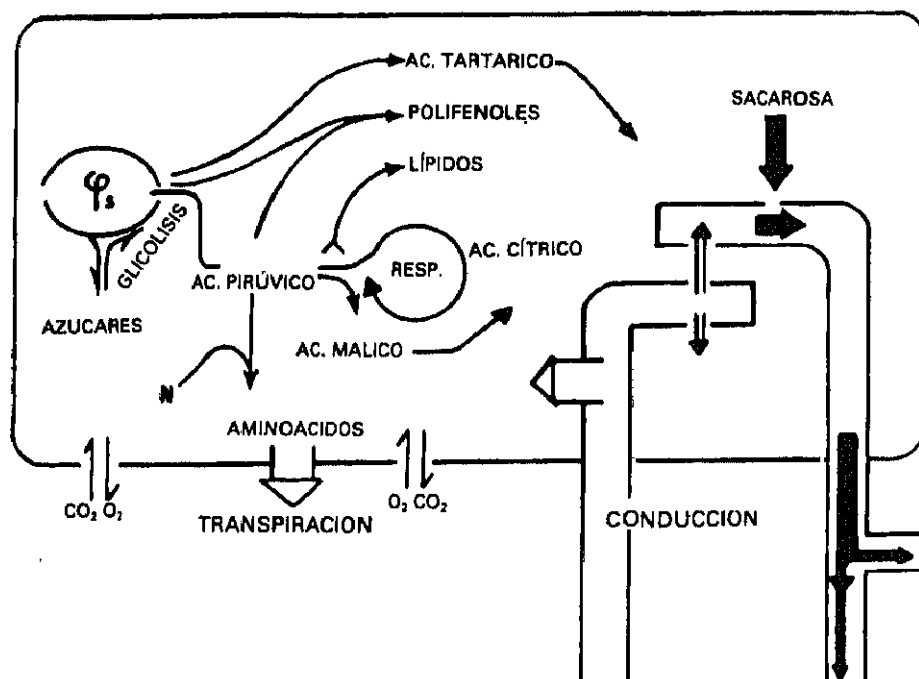


Figura 2.- Funciones de la hoja: transpiración, fotosíntesis, respiración (RESP), biosíntesis. \Rightarrow Savia bruta y trayecto del agua. \rightarrow Savia elaborada y trayecto de los metabolitos (Reynier, 1989).

La intensidad de la transpiración depende de los factores que influyen en la apertura de los estomas que pueden ser tanto externos (la luz, la temperatura, la alimentación en agua y la humedad del aire) como internos (número y superficie de hojas, número y disposición de los estomas).

Los estomas están generalmente abiertos durante el día a la luz, y cerrados por la noche, siempre que los otros factores no sean limitantes como es el caso de las bajas temperaturas, los suelos con estrés hídrico o la falta de humedad en el aire. La apertura de los estomas permite la difusión de vapor de agua, la absorción de CO₂ y el desprendimiento de oxígeno, así como los intercambios gaseosos indispensables para la fotosíntesis.

A nivel de la planta entera, la transpiración no tiene la misma intensidad en función de la edad de las hojas y del microclima inducido por su posición en la masa foliar, así las plantas vigorosas tienen una superficie foliar y una transpiración más importante que las vides débiles. El exceso de transpiración modifica el microclima en la proximidad de las hojas y de los racimos y favorece el desarrollo de enfermedades criptogámicas.

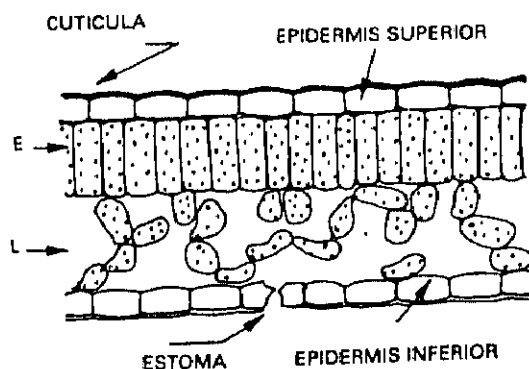


Figura 3.- Anatomía de la hoja. Tejido de empalizada (E), tejido lagunar (L) (Reynier, 1989).

*Fotosíntesis

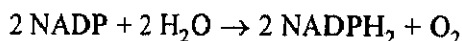
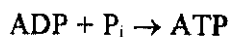
Es el proceso por el que la vid fabrica su propia materia orgánica utilizando agua, sales minerales, dióxido de carbono y la energía luminosa. Es un conjunto de procesos por los que la energía luminosa se convierte en energía química potencial almacenada en las moléculas formadas de azúcares. Este proceso se realiza únicamente en células clorofílicas.

La naturaleza bioquímica de la fotosíntesis, se produce en dos fases (luminosa y oscura), y queda simplificada en la reacción:



Fase luminosa o fotoquímica. La energía luminosa se transforma en energía química almacenada en las formas de ATP (Adenosín Trifosfato) y NADPH₂. Las moléculas de clorofila dentro de los cloroplastos capturan la energía y la transfieren a centros de reacciones fotoquímicas conocidos como fotosistemas (I y II), los pigmentos carotenoides (carotenos y xantófilas) también capturan la energía luminosa en las regiones del espectro que no absorbe la clorofila. El flujo de electrones a través de los dos fotosistemas dan lugar a la formación de los

dos compuestos antes mencionados y que son necesarios para la asimilación del carbónico. Los electrones proceden de la escisión del agua en el fotosistema II con liberación de oxígeno como subproducto.



Solamente el 1% de la energía recibida por las hojas es utilizada durante la fase luminosa de la fotosíntesis.

Fase oscura. Se puede efectuar con o sin luz. La energía liberada por el ATP permite la síntesis de sustancias orgánicas a partir del dióxido de carbono y del hidrógeno cedido por el transportador (NADPH_2). Estas reacciones se conocen por el ciclo de reducción del carbono (o ciclo de Calvin).

El primer paso en el ciclo de Calvin implica la fijación del CO_2 sobre un glúcido de cinco átomos de carbono que está fosforilado (ribulosa-1,5-difosfato), obteniéndose un compuesto de seis átomos de carbono muy inestable que en presencia de agua y en la oscuridad se divide en ácido fosfoglicérico, que con la presencia de ATP se fosforila. Este ácido (y no el carbónico) se reduce gracias al NADPH_2 para formar el fosfogliceraldehido que por condensación con la dihidroxiacetona origina la fructosa-1,6-difosfato, y de aquí fácilmente se pasa al resto de los glúcidos. La fructosa-6-fosfato se puede utilizar para formar almidón o bien para continuar con el ciclo de Calvin, que se completa al formar ribulosa-fosfato. Los intermediarios producidos se usan para la síntesis de almidón en el cloroplasto y de sacarosa en el citoplasma.

Los azúcares formados por fotosíntesis a nivel de las hojas, son almacenados tanto en las partes vivaces (madera y raíces) como en los frutos, o utilizados para la respiración y para la síntesis de ácidos orgánicos (ácidos tartárico, málico, cítrico), de aminoácidos con el nitrógeno absorbido por las raíces, de polifenoles (materias colorantes y taninos), de lípidos y de sustancias de crecimiento.

Cuando la sacarosa se acumula, es decir, cuando el ritmo de formación supera al de eliminación por transporte a otras zonas, se inicia la síntesis de almidón, si bien la acumulación de éste en las hojas está en función de la duración del periodo fotosintético (gracias a una intensidad de radiación adecuada) y no de modificaciones en la duración de la luminosidad a lo largo del día (Chattertony Silvius, 1979). La sacarosa es el principal carbohidrato transportado

por la cepa, sin embargo el mecanismo de movimiento no está totalmente aclarado, existiendo varias hipótesis. Puede ser un transporte por simple difusión o un mecanismo de transporte activo que requiere cierta energía para realizarlo (ATP), así la sacarosa se translada de la zona de síntesis a las células del mesófilo, pasa al apoplasto y mediante un transportador se dirige a los vasos del floema debido a un gradiente de concentración, así va a distribuirse al resto de los órganos de la planta.

Todas las plantas en las que los primeros compuestos formados después de la incorporación del CO_2 en la fase oscura de la fotosíntesis son ácidos de tres átomos de carbono se denominan C_3 , siendo de este tipo todas las especies de *Vitis*. El ácido fosfoglicérico pasa a ácido pirúvico que puede ser utilizado bien para la respiración de la célula (ciclo de Krebs) liberando energía almacenada o bien en la síntesis de otras sustancias orgánicas como los prótidos, los lípidos, los polifenoles, los compuestos aromáticos, o las sustancias de crecimiento.

Según Champagnol (1984) la energía solar recibida, la temperatura ambiente y la disponibilidad de agua en el suelo son los tres factores del medio que favorecen la fotosíntesis. Además van a influir una serie de factores ligados a la planta (superficie foliar, edad de las hojas, variedad); y a las prácticas de cultivo (densidad de plantación, orientación de las filas, sistema de empalizamiento).

Todas las hojas clorofilianas tienen actividad fotosintética, aunque en el interior de un canopy no todas las hojas son iguales en su función fotosintética, debido a diferencias de edad, heridas, y al microclima que se origina alrededor de la hoja (Buttrose, 1968; Kriedemann, 1968-70). Las hojas empiezan a exportar carbohidratos cuando alcanzan aproximadamente la mitad de su tamaño final, al llegar a su máxima expansión alcanzan la máxima actividad fotosintética, y a continuación irán progresivamente disminuyendo a lo largo de la estación (Hale, 1972; Kriedemann, 1970).

Las hojas jóvenes fijan el CO_2 y efectúan la síntesis de carbohidratos, y una vez que alcanzan el estado adulto exportan a otros órganos de la planta las distintas sustancias químicas sintetizadas. Las hojas jóvenes producen más ácidos orgánicos, mientras que las adultas producen más azúcares; así el ácido tartárico se sintetiza únicamente en las hojas jóvenes que todavía se están expandiendo (Kriedemann, 1977).

Las hojas más próximas a los racimos son las mayores suministradoras de solutos a éstos, mientras que las hojas más distantes pueden llegar a serlo cuando las primeras están sombreadas o heridas. Las hojas adultas proporcionan un excedente de metabolitos que migran al

principio hacia los órganos jóvenes para asegurar su crecimiento y después se reparten entre los racimos (maduración) y las partes vivaces (agostamiento). A medida que avanza el crecimiento aumenta el número de hojas exportadoras pero después de la parada del crecimiento las hojas de la base del sarmiento se vuelven senescentes y su actividad fotosintética disminuye. La fotosíntesis de las hojas depende de la demanda de asimilados, de modo que al disminuir la demanda también lo hace el ritmo de fotosíntesis. Cuando la síntesis de sustancias en este proceso excede a las necesarias por el resto de la planta se produce una migración de los productos elaborados a los órganos de reserva para su almacenamiento.

El aumento de la superficie foliar iluminada favorece la fotosíntesis global de la planta, pero hay un cierto antagonismo entre la superficie foliar y la iluminación, ya que el aumento de la superficie foliar supone un solapamiento al resto de las hojas provocando una disminución de la iluminación.

Es necesario considerar la superficie foliar funcional dentro de una viña, que es la que va a fijar la mayoría del carbono, por lo que es necesario una adecuada superficie foliar activa desde el envero a la vendimia. Esa superficie foliar activa se relaciona con la proporción de hojas sombreadas, que a su vez va a influir en la composición de la uva.

La fotosíntesis de las hojas puede ser inhibida por la presencia de oxígeno debido a la competencia de ésta con el carbónico frente a la enzima que cataliza la reacción; además en esta reacción también se forma glicolato que es el punto de partida de la ruta metabólica de la fotorrespiración (Husic y col., 1987). La fotorrespiración es un fenómeno respiratorio en organismos fotosintéticos que implica la toma de oxígeno y liberación de carbónico en presencia de luz, este proceso parece representar sólo entre un 15-50% de la asimilación neta de carbónico (Sharkey, 1988). El ácido glicólico se produce por oxidación de ciertas moléculas de azúcares produciendo aminoácidos (serina) y CO_2 . Se considera que éste juega un papel regulador en la actividad celular, aumentando la cantidad de CO_2 disponible para la fotosíntesis, pero a costa de un consumo importante de compuestos orgánicos.

*Respiración

Proporciona la energía necesaria para mantener la vida de las células. Este proceso se realiza simultáneamente a la fotosíntesis, siendo los dos utilizados por la planta para realizar sus intercambios gaseosos. Es un proceso que se realiza en todas las células vivas (en el citoplasma y en las mitocondrias) que implica un catabolismo del azúcar o de otros sustratos carbonados y

exteriormente se traduce en una absorción de oxígeno y desprendimiento de carbónico, agua y energía. Este proceso sigue la vía contraria a la fotosíntesis y si el sustrato es un azúcar la reacción es la de la Figura 4:

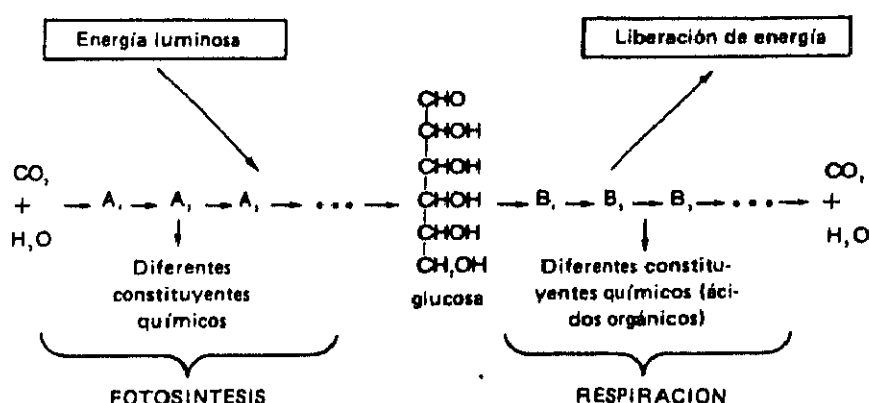


Figura 4.- Esquema de la fotosíntesis y la respiración (Ribéreau-Gayon, 1975).

Los metabolitos, esencialmente los azúcares, sufren una serie de descarboxilaciones oxidativas dando CO_2 y agua, con liberación de la energía potencial contenida en las moléculas. Esta energía se pierde en parte en forma de calor, y el resto sirve para la transpiración, la conducción de la savia elaborada y la biosíntesis.

La respiración va a incluir una glicolisis, la ruta oxidativa de las pentosas-fosfato, el ciclo de los ácidos tricarboxílicos y la cadena de transporte electrónico mitocondrial. Durante este proceso las uniones de baja energía de los sustratos carbonados se convierten en uniones de alta energía en nucleótidos reducidos (NADH , NADPH Y FADH_2) y ATP , además de sustancias carbonadas que se usan en las fases anabólicas del metabolismo de la planta. La utilización de distintos sustratos durante el periodo respiratorio influye en la relación del número de moles de CO_2 producidas en relación a las de O_2 consumidas, y a esta relación se llama cociente respiratorio, así conociendo este valor se sabe el tipo de sustrato utilizado en la respiración. Cuando los sustratos oxidados son glúcidos la relación es 1, si son lípidos la relación es próxima a 0,7, los prótidos 0,8, y los ácidos orgánicos mayor de 1.

La energía desprendida de la respiración se utiliza tanto para el crecimiento (biosíntesis de masa) como para el mantenimiento de los órganos y así se satisfacen las demandas de sus

procesos fisiológicos, como son la translocación de carbohidratos, la asimilación de nitrógeno, y la absorción por las raíces.

En este proceso influyen factores externos (la temperatura y la luz, éste último es difícil apreciar su efecto porque se sobrepone el efecto calorífico de las radiaciones), y factores internos (la especie, el órgano, el estado fisiológico...).

El vigor, expresado por la intensidad de crecimiento, es con la temperatura el factor principal de la degradación respiratoria de los azúcares formados por fotosíntesis. La actividad respiratoria es intensa en las hojas jóvenes, en las que la producción de sustratos orgánicos por fotosíntesis es todavía débil; este tipo de hojas son ricas en agua, su transpiración es intensa y provocan una demanda de metabolitos que migran desde las hojas adultas. En las plantas vigorosas, el crecimiento afecta a un mayor número de pámpanos, alargándose su período de actividad; hay pues una pérdida importante de metabolitos en los órganos en crecimiento que puede ser nociva para el metabolismo general de la planta si la fotosíntesis global es insuficiente.

1.1.3.- EL TALLO

La cepa puede presentar formas muy variadas y los tallos de una vid pueden arrastrar por el suelo hasta encontrar un soporte al que engancharse. En la vid es preciso regular el alargamiento por una poda severa y empalizarla si se quiere elevar por encima del suelo. La vid se diferencia, por eso, claramente de otras especies frutales. La relación del tallo con el resto de los órganos de la vid se representa en la Figura 5.

Dentro de las funciones del tallo destacan:

*Sosten

El tronco, los brazos y los sarmientos de un año (formados por madera vieja) constituyen, después de la poda, una arquitectura sobre la cual se van a desarrollar los órganos vegetativos y reproductores en el curso de la primavera y del verano. La cepa adquiere un importante desarrollo, que el viticultor poda con ramos largos, y guía los pámpanos con un sistema de empalizamiento.

*Conducción

Los vasos leñosos aseguran el transporte de la savia bruta que circula bajo presión. Esta presión es debida a la presión radicular al principio de la vegetación y después sobre todo a la aspiración ejercida a nivel de las hojas por la transpiración.

Los tubos cribosos del liber aseguran el transporte de la savia elaborada a partir de las hojas. El mecanismo de desplazamiento de la savia elaborada no se conoce exactamente y se emiten dos hipótesis, una conducción pasiva que responde a las leyes de la difusión en la que los constituyentes se desplazan de los órganos donde su concentración es grande hacia los órganos donde su concentración es débil; y una conducción activa ligada a la utilización de energía previamente liberada por la respiración a partir de la combustión de los metabolitos.

La conducción tiene un desplazamiento longitudinal tanto ascendente como descendente dependiendo de donde se sitúen los órganos en relación a las hojas adultas, siendo ascendente para las extremidades en crecimiento y descendente hacia los racimos y las partes vivaces. También puede ser transversal, de ciertas hojas a los racimos que están en el lado opuesto.

*Almacenamiento de reservas

El tallo sirve de depósito de ciertos compuestos orgánicos sintetizados en las hojas, especialmente azúcares en forma de almidón. Esta reserva amilácea sirve para suministrar a través de la respiración la energía necesaria para las funciones de conducción y alimentación del resto de la planta (igual que ocurre con la raíz).

1.1.4.- LAS BAYAS

El desarrollo de las bayas empieza con la polinización y continúa hasta el estado de madurez o de sobremadurez en caso de que la recolección se retrase. La flor y después las bayas tienen una función de reproducción sexual y una función de acumulación de reservas, esta última particularmente interesante para el viticultor. El desarrollo de la baya supone un aumento del volumen, acompañado de cambios en las características físicas y de la composición química, todo ello repercute en un cambio en la actividad metabólica a lo largo del tiempo. En el fruto se distinguen tres fases; un periodo herbáceo, uno de maduración y otro de sobremaduración.

El periodo de crecimiento herbáceo de la baya coincide en el tiempo con el crecimiento del pámpano y del raspón, en esta fase la respiración es activa así como también la fotosíntesis, pudiéndose comportar las bayas como órganos productores y consumidores.

Las bayas verdes demandan metabolitos como azúcares y ácidos que se van a utilizar fundamentalmente en la respiración (ciclo de Krebs) para almacenar energía en forma de ATP, que se utiliza en los procesos de crecimiento y biosíntesis. Las hojas adultas elaboran azúcares por fotosíntesis, una parte los van a utilizar para la respiración y otra parte migra a los órganos que están en crecimiento en estos momentos como es el caso de las hojas jóvenes, las inflorescencias y las uvas verdes. Estos órganos en crecimiento tienen un consumo de azúcares por respiración superior a la producción por fotosíntesis, por otra parte son ricos en agua y como consecuencia tienen una débil presión osmótica lo que hace necesario una migración de los azúcares desde las hojas (órganos productores) o desde las partes vivaces (órganos de almacenamiento). Estos órganos jóvenes elaboran ácido málico que permanece en el mismo lugar, sobre todo en las uvas verdes, o bien existe una migración, el ácido tartárico sintetizado también puede migrar a las raíces, mientras que el ácido cítrico se sintetiza en las raíces.

El inicio del periodo de maduración de la baya sucede después de la parada de crecimiento de los pámpanos. Durante este periodo de maduración el metabolismo de la planta se caracteriza por:

—Fotosíntesis intensa debido a una adecuada superficie foliar. Los azúcares cesan de dirigirse a las partes vivaces momentáneamente, para llegar a los racimos.

—Respiración moderada de los ácidos orgánicos de las bayas que van a servir de sustratos.

—Migración importante a los racimos de los azúcares procedentes del sistema radicular y de las reservas de la madera. La movilización de las reservas es necesaria cuando la fotosíntesis es insuficiente o bien porque el número de racimos es elevado.

En este momento el contenido en azúcares de la baya aumenta debido a la migración procedente de las hojas adultas y de zonas de reserva, y de transformaciones del ácido málico presente. La acidez disminuye por un aumento en el volumen de agua, por combustión respiratoria del málico y transformación de éste en azúcares, mientras que el tartárico permanece casi constante. Se produce un aumento en la concentración de los fenoles en el hollejo, pulpa, pepitas y raspón, que influyen en las características organolépticas así como también ocurre con la coloración de las uvas en las variedades tintas o en el distinto sabor.

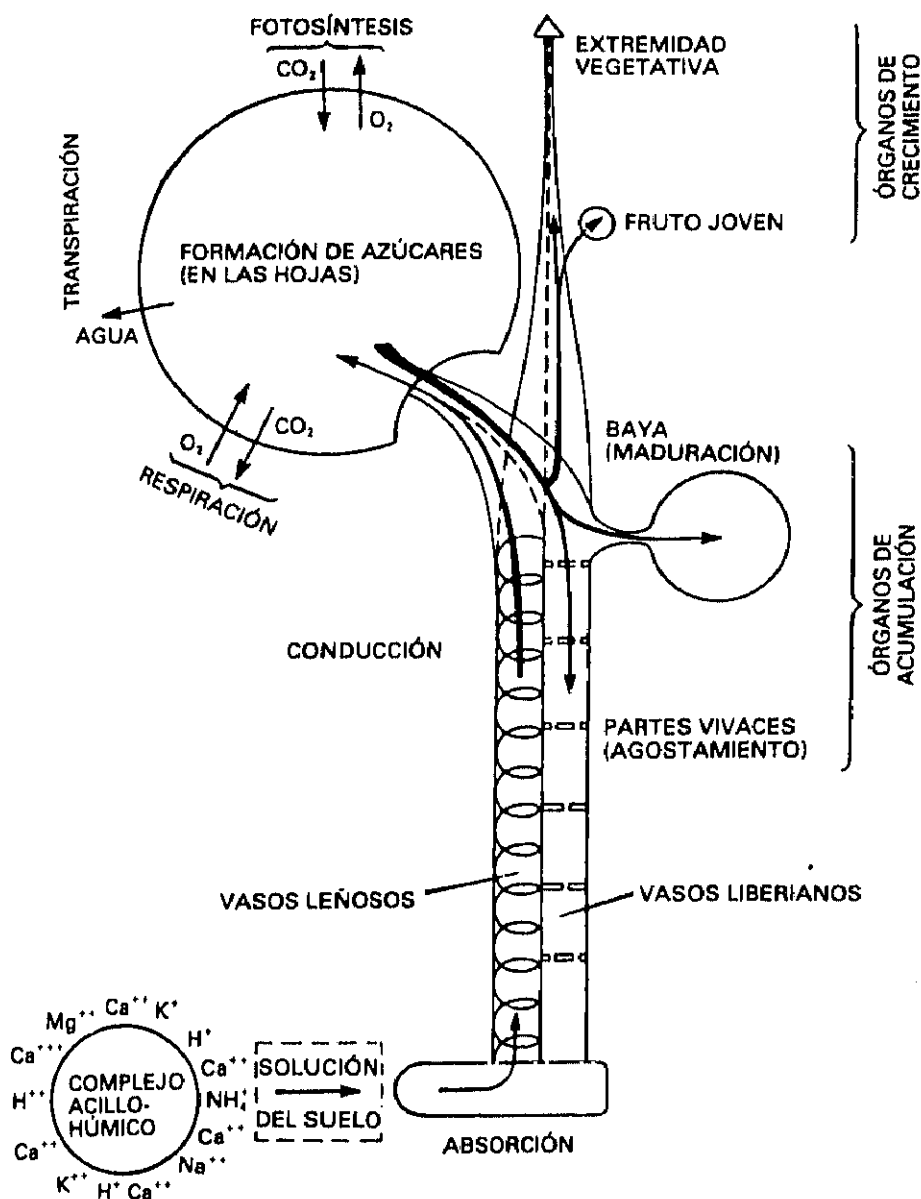


Figura 5. Fisiología de los órganos de la vida: absorción por las raíces; migración de savia bruta; fotosíntesis, respiración y transpiración por las hojas; migración de la savia elaborada por las hojas primero hacia los órganos en crecimiento y después hacia los órganos de acumulación.

La composición del tejido o mosto, depende del tipo y cantidad de los distintos componentes presentes, y se suele expresar como concentración. La concentración de cada uno de estos componentes en un tejido es el resultado de tres procesos:

- transporte dentro o fuera del tejido
- su síntesis o degradación
- el cambio relativo en el volumen de solvente, agua.

Al final de este periodo se puede considerar que la fruta se puede vendimiar, aunque el momento final depende del uso que se le quiere dar, bien para consumo en fresco o para vinificar. Los órganos de la vid permiten los intercambios entre las células y el medio exterior. Las diversas funciones de la raíz, tallo, hojas, yemas y frutos tienen como consecuencia el crecimiento y el desarrollo de la vid. El crecimiento es un fenómeno cuantitativo que concierne al aumento de tamaño de un órgano o a la aparición sucesiva de órganos idénticos a los ya existentes, mientras que el desarrollo es un fenómeno cualitativo que concierne a los cambios que conducen a la aparición de nuevos órganos. Es necesario conocer la fisiología de la planta entera siguiendo las diferentes fases del crecimiento y del desarrollo del sistema vegetativo y reproductor que se desarrolla de forma cíclica.

2.- FISILOGIA GENERAL EN EL PROCESO DE MADURACION DE LA UVA.

2.1.- GENERALIDADES.

El crecimiento y el desarrollo de la vid puede estar influido por muchos factores ligados a la propia planta (variedad, patrón, etc.), a la variabilidad de las condiciones ambientales, a las técnicas de cultivo, y al estado sanitario.

La vid es una planta perenne cuya vida es una sucesión de ciclos anuales, que son interdependientes, pues las condiciones de vegetación a lo largo de un ciclo, debidas tanto al hombre como al medio, van a tener influencias en los ciclos vegetativos siguientes.

Las yemas tienen un papel fundamental en la perennidad, pues aseguran la supervivencia de la planta. Las yemas pueden evolucionar según un ciclo vegetativo, o según un ciclo vegetativo y reproductor después de haber sufrido el proceso de iniciación floral. En este último caso la vid debe asegurar:

- el crecimiento y desarrollo de los órganos vegetativos, su perennidad mediante el almacenamiento de reservas (agostamiento), y la dormición de las yemas (ciclo vegetativo).

- el crecimiento y desarrollo de los órganos reproductores y su maduración (ciclo reproductor).

Estos dos ciclos (Figura 6) son simultáneos y por tanto los órganos vegetativos y reproductores están en competencia por la utilización de la savia bruta y elaborada. Así, la manera en que se produzca el reparto de los glúcidos, va a influir en la cantidad y calidad de la cosecha de ese año, pero también influye en la vegetación y cosecha del año siguiente.

A) Crecimiento vegetativo.- La parte aérea de la planta está constituida por los órganos vegetativos y por los reproductores. En primavera las temperaturas más altas del suelo provocan que el sistema radicular inicie su actividad, movilizand o sustancias almacenadas (glúcidos, hormonas, etc.) y reemprendiendo la absorción activa, dando lugar a un vertido de savia al exterior que se conoce con el nombre de "lloro", si bien éste va a cesar pronto. A continuación se produce el crecimiento de las partes vegetativas de la viña que, generalmente, sigue un modelo sigmoideo cuando se mide frente a días. La longitud de los tallos aumenta a lo largo de la estación de crecimiento, desarrollándose las hojas desde el desborre hasta comenzado el

crecimiento de los frutos. A partir de la aparición de las bayas y hasta el momento de la vendimia, éstas van a demandar la mayoría de los fotosintatos producidos, aunque todavía parte del carbono será traslocado a las hojas y tallos de la vid.

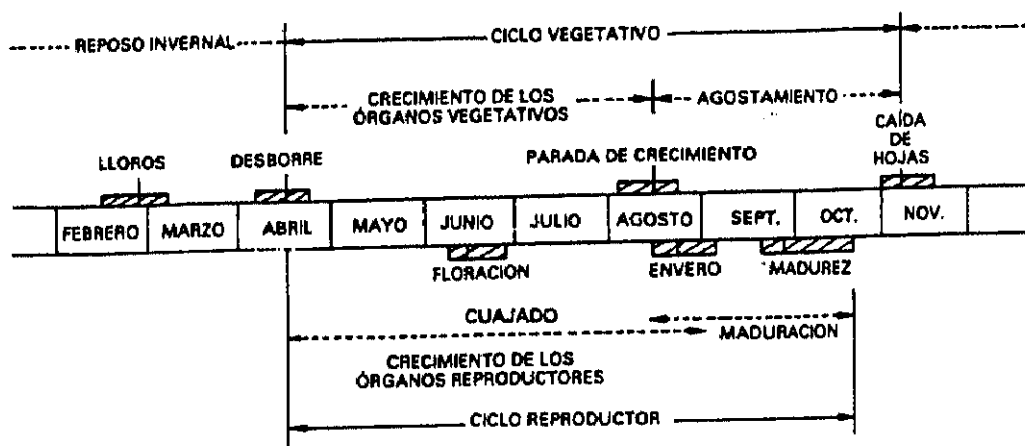


Figura 6.- Ciclo vegetativo y reproductor de la vid (Reynier, 1989).

Una vez que el canopy (estructura de la planta) está completo, se observa que entre el 33 y el 83% del área foliar total puede encontrarse distribuida en la parte exterior del canopy dependiendo de la configuración del sistema de conducción (Smart y col., 1985; Williams y col., 1987). Al tronco no se le ha prestado mucha atención, pero se sabe que entre el 10 y 30% del total de ^{14}C asimilado por cepas jóvenes se acumula en el tronco, aumentando su diámetro y su peso.

B) Crecimiento reproductivo.- Como en la mayoría de las cosechas perennes, la diferenciación floral de la cosecha de ese año tiene lugar en el año anterior. La diferenciación de las yemas se inicia pronto en la estación de crecimiento del año anterior al desarrollo de las flores (Winkler y col., 1974). Los racimos rudimentarios que se forman, se desarrollan hasta finales del verano, y van a entrar en un periodo de dormición sin que tenga lugar ningún desarrollo más. Dependiendo del cultivar, cada yema en estado latente puede contener hasta tres inflorescencias y cada una de ellas puede tener cientos de flores; si bien aproximadamente entre el 70-80% del total de estas flores no llegan a desarrollarse como frutos maduros.

Se ha comprobado con experiencias en campo (Baldwin, 1964) y en estudios en invernaderos (Buttrose, 1969a,b,c) que el proceso de diferenciación de las yemas puede ser

afectado por varios factores como son la temperatura, la intensidad de radiación solar y la duración del tiempo de incidencia de esa radiación. El efecto de la luz en la diferenciación de las yemas es una respuesta directa a esa radiación más que una respuesta indirecta debido al proceso de fotosíntesis y acumulación de carbohidratos (May, 1965). Sin embargo parece que el fotoperiodo no juega un papel importante en la regulación de ese proceso de diferenciación, es decir, el que la radiación incida directamente sobre las yemas influye más que la cantidad de horas de luminosidad a lo largo del día (Buttrose, 1970). El desarrollo de los racimos que sigue a la diferenciación de esas yemas está íntimamente relacionado con la sumación de temperaturas (Buttrose y Hale, 1973; McIntyre y col., 1982; Williams y col., 1987).

Las yemas con los racimos formados en el ciclo anterior reemprenden su actividad pocos días antes del desborre, diferenciando los botones florales primordiales. Tras el desborre y paralelamente al crecimiento del pámpano, los racimos crecen de tamaño y las flores primordiales diferencian los distintos verticilos, alcanzando hacia el mes de Junio su conformación hermafrodita completa que les permite iniciar el proceso de floración una vez maduras las células reproductoras en los estambres y en los carpelos.

Se cree que en las flores de *Vitis vinifera* L. predomina la auto-polinización (Winkler y col., 1974). Una vez que las flores se han transformado en frutos, después de la polinización y fecundación, la baya rápidamente va a aumentar de tamaño y peso, debido a una reanudación de la división celular en el pericarpio; ese crecimiento de las bayas se realiza junto con el desarrollo de las semillas. La formación de las células del fruto se completa en las dos o tres semanas siguientes a la floración y los frutos que quedan retenidos, se desarrollan hasta la madurez. Puede ocurrir que se desprendan de los racimos bayas que están en un proceso activo de crecimiento, mientras que pueden quedar retenidas otras inmaduras sin completar su normal desarrollo y crecimiento. La formación de frutos está influida por una serie de sustancias reguladoras como las auxinas, giberelinas y varios retardantes del crecimiento; así Coombe (1973) indica que las sustancias de crecimiento (endógenas o exógenas) influyen en la formación de los frutos a través del reparto de los nutrientes orgánicos. El número final de bayas por cepa puede estar influido, entre otros factores, por la cantidad de área foliar.

Durante el desarrollo de la baya, desde el ovario de la flor a la fruta madura, existen numerosos cambios fisiológicos, tales como la división celular y el alargamiento de las células, si bien la piel y la pulpa de la baya se desarrollan de modo diferente y tienen distinta estructura celular (Pratt, 1971). El crecimiento de la baya se debe tanto a un incremento en el número de

células como consecuencia de la división celular como a un aumento del tamaño de esas células. El número de células se eleva de 3 a 4 veces en el curso de su desarrollo, si bien el volumen celular puede alcanzar aproximadamente unas 300 veces su valor inicial. Durante el desarrollo de la baya, el volumen del pericarpio aumenta en un 10-20% del volumen de la baya en la floración, hasta llegar a un 65% en la madurez.

La curva característica de crecimiento de las bayas (Figura 7) es una doble sigmoide en la cual el crecimiento ocurre en tres estados: estado I (fase inicial de rápido crecimiento), estado II (fase ralentizada, no hay crecimiento o muy poco), estado III (fase final de crecimiento y maduración). El modelo de doble sigmoide para el peso y el volumen de la baya se aplica tanto a variedades con o sin semilla (Coombe, 1960), y se desarrolla con una serie de cambios característicos en cada uno de los tres periodos:

-Estado I. La baya va a aumentar en tamaño y en masa debido a una división celular, seguida de expansión celular. Se produce el crecimiento tanto de las semillas como del pericarpio, si bien el embrión crece poco. En este estado, las bayas verdes y duras se comportan como órganos clorofilianos en crecimiento, y por tanto compiten con otros órganos en crecimiento como es el caso de los ápices de los tallos y las hojas jóvenes. Van a actuar tanto como órganos consumidores como productores destacando principalmente la acumulación de ácidos orgánicos. La duración de esta fase suele ser de 40-60 días.

Durante este periodo se producen sustancias reguladoras del crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas) por parte de las semillas y gracias a procesos de importación desde las raíces.

Las bayas pierden agua a la atmósfera por procesos de transpiración, si bien los estomas y las lenticelas de éstas se van a ocluir por los depósitos de cera que se producen en la epidermis durante el proceso de la maduración.

-Estado II. Se caracteriza por un lento crecimiento del pericarpio y por la maduración de las semillas. La duración de esta fase determina si una variedad es temprana o tardía en la maduración, y suele oscilar entre 7-40 días. El contenido de clorofila disminuye, así como los procesos de fotosíntesis y respiración. Aunque el metabolismo general de la baya disminuye, el desarrollo del embrión es rápido alcanzando su máximo tamaño en este momento, si bien la pendiente de aumento en el crecimiento del pericarpio disminuye, permaneciendo la baya verde y dura hasta el final de este periodo.

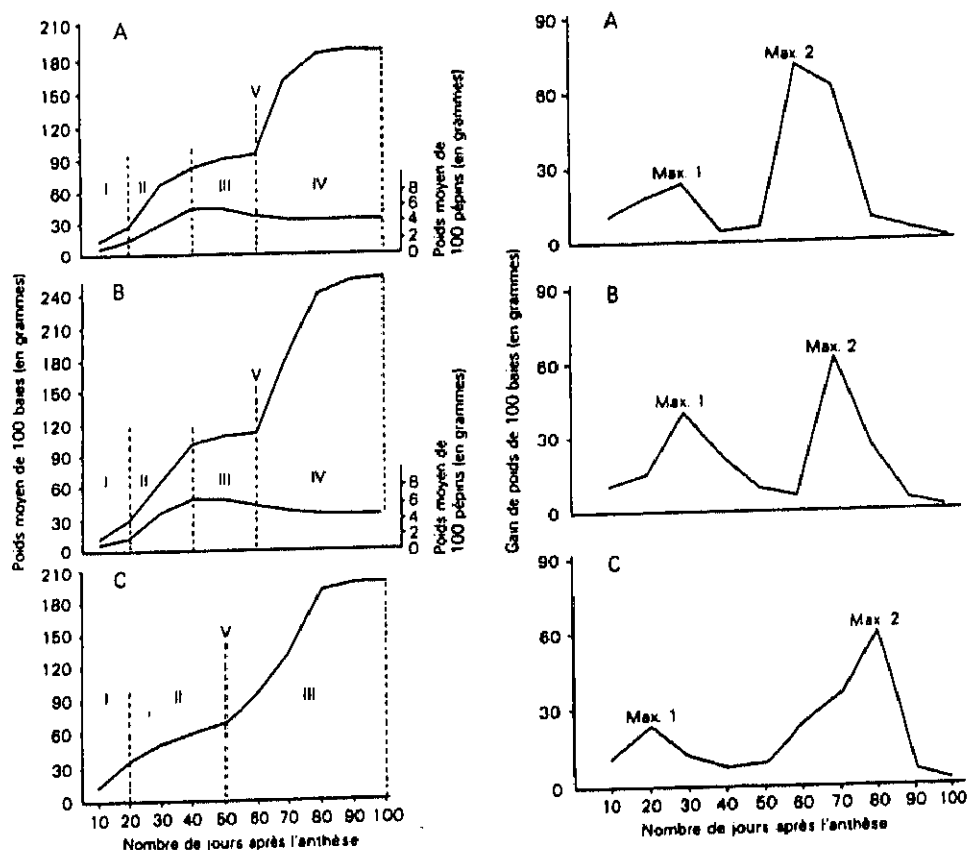


Figura 7.- Curva del crecimiento de la baya (V=envero) y variación de la velocidad de crecimiento de las bayas, tanto para variedades con pepitas (A y B, Aramon y Ugni Blanc) como apirenas (C, Maria Pirovano). (Huglin, 1986).

La transición del estado II al III marca el inicio de la maduración con numerosos cambios fisiológicos como:

- Ablandamiento del pericarpio, y aumento de la deformabilidad de la baya.
- Aumento del volumen y peso.
- Acumulación de hexosas (glucosa y fructosa).
- Descenso de la acidez total (especialmente málico), a la vez que aumenta el pH.
- Aumento del cociente respiratorio.
- Pérdida de clorofila del hollejo y el inicio de la síntesis de antocianos en las variedades tintas.
- Aumento de concentraciones de prolina y arginina.
- Aumento de la actividad de algunos enzimas.

-**Estado III.** El momento en el que se inicia el ablandamiento de la baya, se pierde la clorofila y aparecen los pigmentos antocianicos (cambio de color en las variedades tintas) se denomina envero. A este periodo de corta duración, le sigue un proceso de maduración progresiva hasta llegar al estado de madurez, que suele durar de 35-55 días.

El envero marca el final de la fase herbácea y el inicio de la fase de maduración. Aunque esta palabra adoptada del francés "*véraison*" se refería específicamente al comienzo del cambio de color, ha sido usada ya, de un modo general, para indicar el inicio de una serie de sucesos o cambios fisiológicos que se empiezan en este momento y continúan hasta el final de la maduración, que es el cuando se vendimia.

Existe evidencia de cambios en las características de las paredes celulares de las bayas en el envero (Figura 8), así la firmeza desciende rápidamente unos días antes de la reanudación del crecimiento (Coombe y Bishop, 1980).

La expansión de la baya parece estar limitada a la capacidad de expansión de las células más exteriores, aunque también se ha comprobado que hay un aumento de células de la piel (la capacidad de expansión del mesocarpio es mayor que la del hollejo). Las paredes celulares del tejido dérmico, se van haciendo cada vez más finas, lo que sugiere que la formación de polímeros estructurales se detiene con la reanudación del crecimiento de la baya, y parece que, como en el caso de otras frutas, las paredes celulares se alteran por un aumento de la actividad de enzimas, tales como las poligalacturonasas y celulasas.

La reanudación del crecimiento en la fase III se atribuye a un aumento en el turgor, y al aumento de la elasticidad de las paredes celulares (Lockhart, 1965). El crecimiento en esta fase puede ser igual o superior al ocurrido en la fase I, y ese crecimiento relativo en estas dos fases (I y III) junto con la duración de la fase II va a depender de la variedad que se trate. En ese momento se acumulan hexosas que producen un descenso en el potencial osmótico de la baya, la diferencia de potencial hídrico entre el xilema y las células del pericarpio que se expanden aumenta en el envero, así la expansión de la baya es cada vez mayor debido a la mayor fuerza de absorción de agua. Los principales solutos que se acumulan en las bayas (hexosas), van a constituir una gran parte de la materia seca de las mismas; Coombe (1987) observa la pequeña proporción de materia seca no sólida en las bayas, y sugiere que los cambios en el agua de la baya pueden venir indicados por modificaciones tanto en el peso fresco de la baya como en el volumen. Se observó que en todas las bayas, la proporción en que aumenta la materia seca en función del volumen es la misma, y suele ser aproximadamente de 0,24.

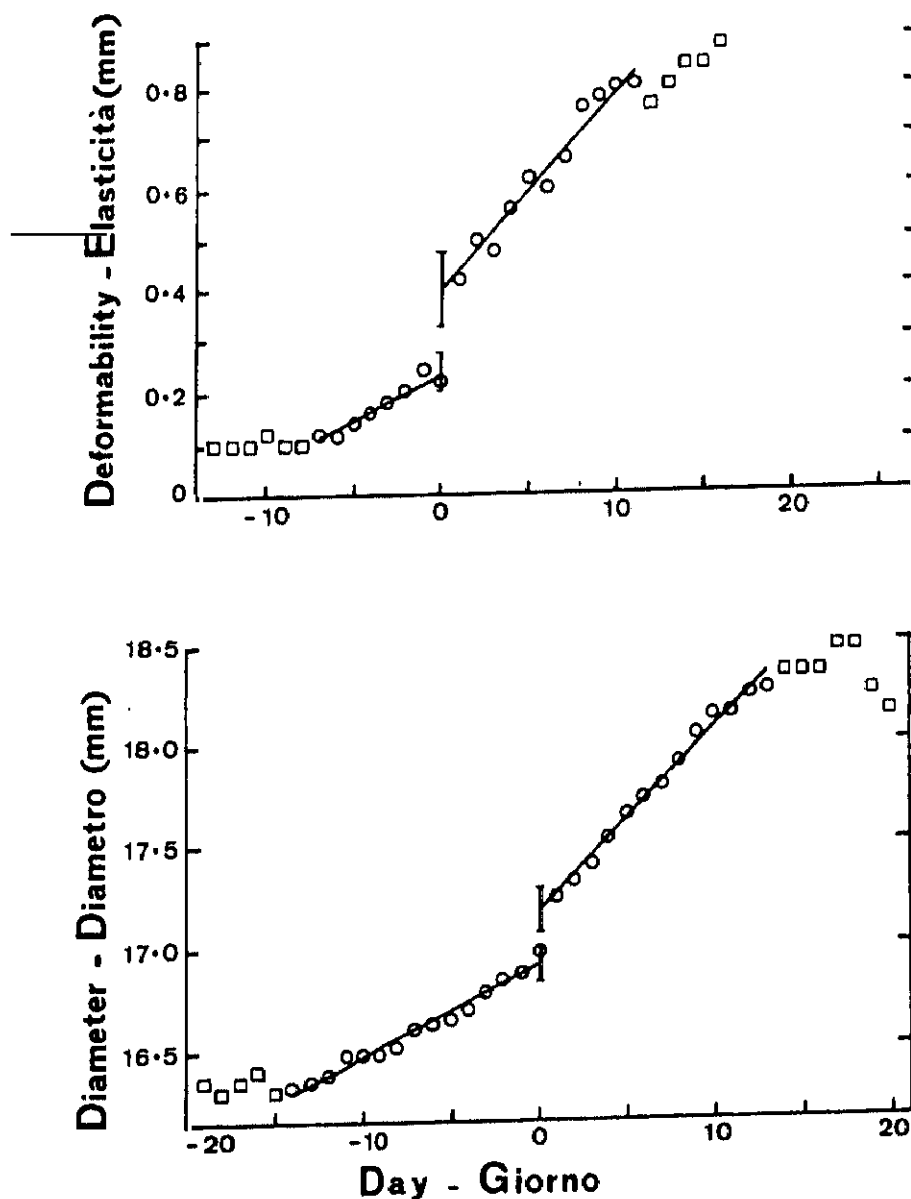


Figura 8.- Medias de deformabilidad (33 bayas) y diámetro (27 bayas) de la variedad Dormido después de determinar el día cero por regresión lineal para cada grupo (Combe y Bishop, 1980).

Por tanto ese rápido crecimiento de esta fase III es debido únicamente a la expansión de las células, y gran parte del aumento del peso se debe a un aumento en la cantidad de agua; en este periodo es cuando las células alcanzan su máximo tamaño y se produce la maduración. La cantidad de agua que se acumula cada día, es la diferencia entre el agua que llega a la baya procedente de la savia del xilema y del floema, además de la absorción general a través de los

tejidos dérmicos, menos la cantidad que se pierde por fenómenos de transpiración al aire y por retroceso al xilema (Figura 9). Después del envero, la contribución del agua del xilema se reduce por un bloqueo, y por tanto la mayor contribución se debe a la savia del floema (Combe, 1992).

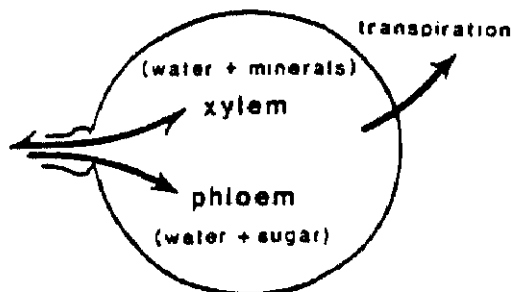


Figura 9.- Diagrama del flujo del agua en la baya (Combe, 1992).

La curva doble sigmoide seguida en el crecimiento de la baya no es del todo bien comprendida. Nitsch (1953) para explicar la limitación de la expansión del fruto durante el estado II sugirió la posible competencia por las sustancias entre el endocarpio y mesocarpio. Otra hipótesis es que las semillas son una fuente de sustancias de crecimiento, que se van a difundir a los tejidos vecinos participando así en la regulación del crecimiento. No obstante, se cree que las semillas en los frutos de *Vitis* no juegan un papel trascendental en el crecimiento, porque la relación fenológica de las semillas y el pericarpio varía mucho entre los distintos cultivares (Peynaud y Ribéreau-Gayon, 1971). Por tanto los factores biofísicos ya descritos que afectan tanto a la división como al ensanchamiento, se cree que dan una explicación más satisfactoria de esa curva.

Durante la maduración el °Brix, los azúcares, el pH, el peso de la baya, y la deformabilidad aumentan continuamente, mientras que la acidez total disminuye. El tamaño final de la baya, dependerá tanto de factores genéticos como ambientales, incluyendo la temperatura y el estado hídrico. Para maximizar ese tamaño se pueden utilizar prácticas de cultivo dirigidas a modificar el área foliar (superficie fotosintética), un control de las posibles fuentes de competencia de los fotosintatos, modificación de la disponibilidad hídrica, etc.

2.2.- FACTORES QUE AFECTAN A LA FISIOLÓGIA DE LA MADURACION.

Existen muchos y complejos factores que controlan el desarrollo y la composición de las bayas. Entre los factores más importantes que inciden durante el periodo de crecimiento y que van a influir en el desarrollo y maduración de la fruta destacan la temperatura, la radiación solar y la humedad recibida. Sus efectos pueden alargar o acortar los procesos fisiológicos y bioquímicos que ocurren.

El tamaño final de la uva, así como su composición química, va a cambiar en función de la variedad, de las acciones del clima, de la alimentación hídrica, de las prácticas de cultivo y de la cantidad de uva presente en la viña (el potencial de producción depende en gran parte del sistema de poda seguido en el periodo de reposo del ciclo anual de vida de la viña).

Antes de estudiar los factores que van a afectar a la fisiología de la maduración es necesario una definición del concepto de "canopy" y de "sistema de conducción" del viñedo.

Smart y Robinson (1991) consideran que el canopy de la vid es la parte aérea de las cepas, y lo forman el sistema de pámpanos que comprende: hojas, peciolo, tallos de los pámpanos, extremidades de los pámpanos y los zarcillos, los frutos, el tronco y los cordones o sarmientos. La conducción del canopy incluye un conjunto de técnicas encaminadas a modificar la posición y el número de los racimos en el espacio, es decir, supone una manipulación del microclima del canopy que implica una alteración del equilibrio entre el crecimiento vegetativo y reproductor. El sistema de conducción define la forma de las vides y la arquitectura del viñedo.

La evolución histórica de estos conceptos queda descrita en la revisión bibliográfica de Baeza (1994). En dicha revisión se explica cómo el término "sistema de conducción" es la adaptación a la viticultura de habla hispana del término "système de conduite" adoptado por el G.E.S.CO. (Grupo Europeo de estudio de los Sistemas de Conducción del viñedo) y utilizado en la viticultura de habla francesa, que se corresponde con el denominado "canopy management" empleado por los anglosajones y con el llamado "sistemi di allevamento" de la viticultura italiana.

Smart y Robinson (1991) comentan cómo a partir de la última década ha habido un creciente interés acerca de la importancia que el papel de la conducción del canopy puede jugar en los efectos del rendimiento y la calidad de las uvas.

Los distintos autores siguen diferentes definiciones de ese término. El profesor Nelson Shaulis de la Universidad de Cornell (Geneva, Nueva York, EEUU), introduce el estudio de Smart y Robinson (1991) y define estos conceptos de la siguiente forma:

El canopy de la vid es una comunidad de hojas mientras que la conducción del canopy hace referencia a muchas características de esta comunidad que influyen en su tamaño y

densidad. El tamaño del canopy, en unidades de área o longitud por hectárea, puede afectar al rendimiento en uva. Para una unidad de longitud del canopy, su densidad afecta al ambiente luminoso e hídrico de las hojas y de los racimos, y ambos pueden afectar a la composición de las bayas.

La conducción del canopy es una de las múltiples "conducciones" (como la del suelo, fitopatológica y de cosecha) que debe ser integrada. Esta integración implica reconocer que las características del canopy pueden estar afectadas por una serie de decisiones de distinto tipo:

- en la preplantación se elige la variedad, el suelo y la localización, el espaciamiento tanto en la misma fila como entre filas así como la orientación de las mismas;

- en el establecimiento y mantenimiento de las cepas, se tiene en cuenta el modo de conducción, que define la localización de las zonas de renovación y fructificación, la altura del canopy, el vigor (ocasionado por el nivel de cosecha, mantenimiento del suelo, fertilización nitrogenada y riego) y control fitopatológico;

- en la modificación del canopy durante el periodo de crecimiento vegetativo, y así se controla el guiado y colocación de los pámpanos, así como el aclareo de brotes, despuntes y deshojados.

Huglin (1986) comenta el término de "sistema de conducción" siguiendo a Carbonneau (1980), lo que supone la síntesis de dos grupos de operaciones vitícolas:

- aquellas operaciones que constituyen lo que normalmente se llama modo de conducción y comprenden la modificación de la altura del tronco, el tipo de poda, la carga de yemas, el empalizado de los sarmientos que es el responsable de la forma de la cubierta vegetal, y las diversas operaciones en verde que son correctoras del equilibrio entre el desarrollo vegetativo y reproductor (despunte, deshojado, aclareo de racimos).

- aquellas operaciones que afectan a la densidad y a la disposición de las cepas en la plantación, así como la orientación.

De ese conjunto de parámetros antes citados el viticultor debe elegir las distintas alternativas, y el conjunto de ellas forman una combinación cuyos efectos agronómicos y económicos son específicos para un medio dado y para una asociación de una variedad y de un patrón. Cualquier modificación de uno de los parámetros afecta a la producción. Entre esos parámetros, algunos comprometen a la conducción del viñedo por un largo periodo de tiempo, ya que son difícilmente modificables, mientras que otras alternativas tienen carácter anual y pueden ser modificadas con más facilidad. En el momento de la elección se deben tener en cuenta los

efectos que cada una de esas técnicas afectan en el rendimiento, en la calidad y en los costes de producción (Reynier, 1989).

Los efectos del clima en la calidad y cantidad de los viñedos, han sido ampliamente estudiados. Se han definido tres niveles de clima: macro o clima regional, meso o clima de esa zona y micro o clima del canopy. Estos tres aspectos pueden ser manipulados, los dos primeros mediante una elección del lugar, y el microclima por distintos sistemas de conducción o de otras prácticas que afectan a las dimensiones y densidad del canopy. El microclima del canopy que actúa directamente sobre la planta, básicamente depende de la cantidad y distribución del área foliar en el espacio y su interacción con el clima que hay por encima de la tierra; así los sistemas de conducción de los viñedos son de gran importancia. El suelo, el clima, y las prácticas de cultivo tienen efectos directos, y las alteraciones del microclima del canopy puede tener efectos indirectos por alteración de la fisiología de la viña. Cambios en el vigor debido al suelo, clima o factores de conducción, pueden causar cambios en el microclima del canopy al afectar la cantidad de hojas y su ordenamiento en el espacio.

Entre los racimos de una misma cepa así como entre las bayas de un mismo racimo, existe una elevada variabilidad en la composición y en el estado de desarrollo, siendo las diferencias en el microclima del canopy las que contribuyen significativamente a esa variabilidad (Smart y col., 1985). Una vez establecido un tipo de microclima se produce la señal para unas ciertas funciones fisiológicas, que van a afectar a la composición de la fruta y finalmente a la calidad del vino.

Siguiendo a Smart (1985) se pasa a revisar los factores que más influyen en el sistema de conducción y las condiciones medioambientales (clima y suelo) que afectan a la composición del mosto, analizando las interacciones entre éstos, y determinando las condiciones microclimáticas que regulan el metabolismo general de la vid y en particular de las bayas (Figura 10).

2.2.1.- RADIACION SOLAR Y TEMPERATURA.

Los efectos de la luz solar sobre la composición de las bayas son muchos y complejos. Esta luz solar proporciona energía luminosa tanto para la fotosíntesis como para otros procesos metabólicos que lo requieran, además de energía calorífica. Esos dos procesos (iluminación y calor) se producen al incidir directamente sobre las distintas superficies de la planta así como por el calentamiento del aire que las rodea. El calor de esta radiación puede influir en el ritmo de

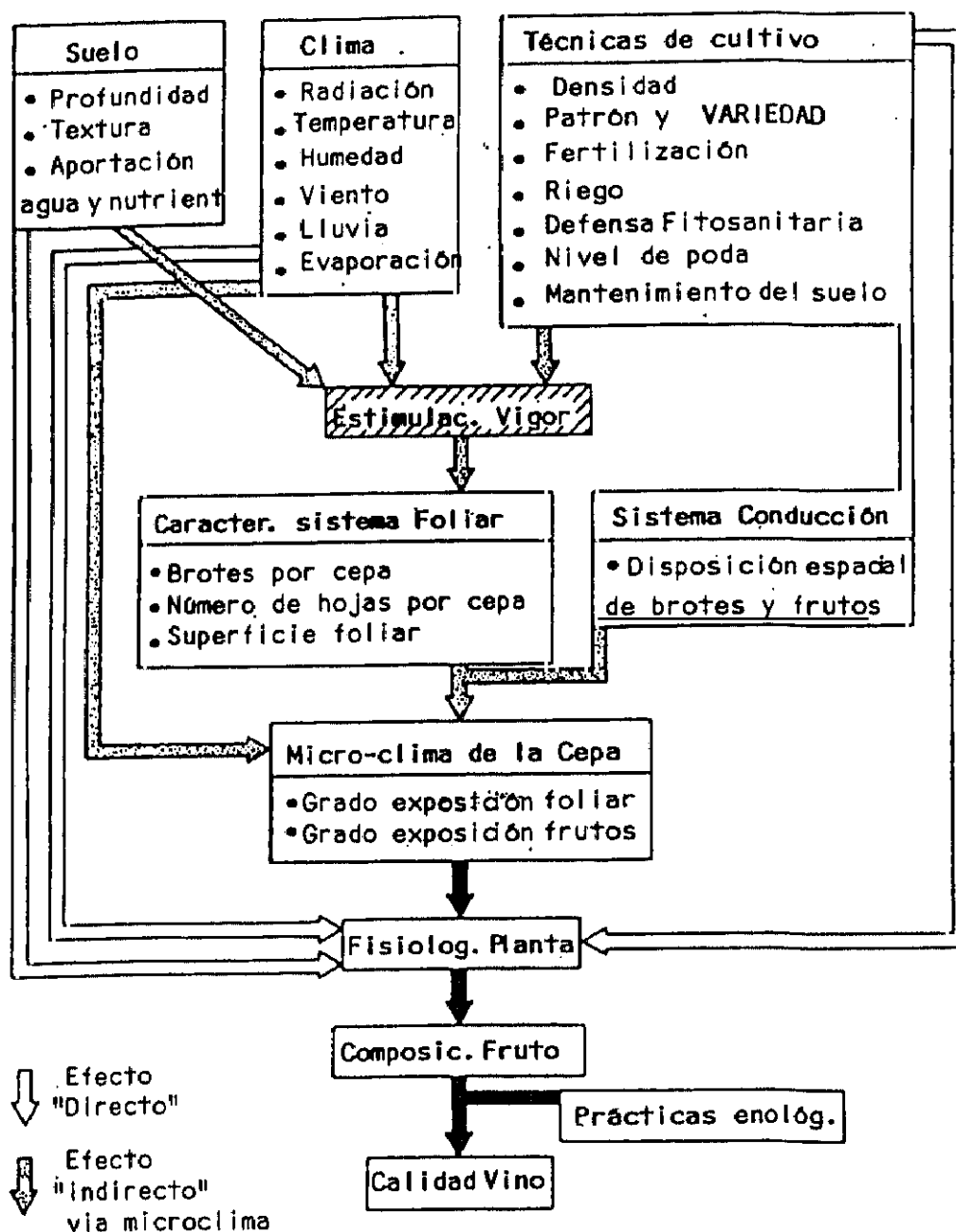


Figura 10.- Modelo para mostrar cómo el terreno, el clima, y las prácticas de cultivo pueden afectar a la calidad del vino a través de los efectos en el microclima del canopy (Smart y col., 1985)

dichos procesos metabólicos (puede aumentar la respiración celular) y también causar estrés, debido al efecto directo de la propia temperatura o indirectamente por la deshidratación causada. En este sentido Nobel (1974) observó que en función de que la radiación solar incida sobre superficies con o sin estrés, se pueden cerrar los estomas y la fotosíntesis se reduce o bien se produce una mejora en la fotosíntesis.

La radiación fotosintéticamente activa (PAR), que va a ser fuertemente absorbida por las hojas, está dentro del intervalo de longitudes de onda comprendidas entre 400-700 nm, mientras que otra parte de la radiación que incide cuya longitud de onda es mayor de 700 nm va a ser reflejada o transmitida. La radiación que va a producir calentamiento es la correspondiente a las longitudes de onda comprendidas entre 400 a 3000 nm.

El canopy tiene una estructura exterior e interior sobre la que intercepta la radiación solar. Esa interceptación exterior depende de su forma, tamaño y orientación respecto a la posición solar, así la incidencia de la radiación se va a maximizar con los canopys altos, próximos y orientados en filas norte-sur; al estar las viñas más próximas entre sí hay una mayor interceptación (se pierde menos radiación en el suelo entre filas) pero tiene el inconveniente de un mayor sombreado entre ellas, además es más difícil de usar maquinaria. La interceptación interior se reduce por la absorción de las hojas del exterior. Las hojas muy sombreadas apenas contribuyen a la fotosíntesis del canopy, se vuelven amarillas y caen. Los canopys muy densos crean sombra y los escasamente densos pueden desperdiciar la radiación para la fotosíntesis.

Una vez que el canopy está compuesto por varias capas de hojas, se observa que las del interior raramente absorberán por encima del punto de máxima saturación de luz (una hoja absorbe el 80-90% de la PAR que le llega) ya que la intensidad de luz transmitida sólo es del 10-20% de la luminosidad normal.

Las zonas laterales y superior del canopy son las que absorben la mayor cantidad de luz y están implicadas de forma más importante en el proceso de la fotosíntesis (Smart, 1973). En el canopy completo se considera que las capas exteriores de hojas son responsables de la fijación de un 70% del carbono, y el 30% de CO_2 restante que fijan las cepas es gracias a las hojas interiores expuestas a luz difusa. La fotosíntesis realizada por esas hojas interiores es mínima como consecuencia de que la mayor parte de éste área foliar del canopy no está iluminada con radiación solar directa sino con radiación de onda corta difusa, siendo ésta además de menor intensidad. El resto de las condiciones ambientales también tienen una gran influencia y así se observa cómo la luz difusa en días nublados adquiere sobre la fotosíntesis una importancia considerable, mientras

que este tipo de radiación contribuye en escasa proporción al carbono total ganado por la cepa cuando los días son claros.

Smart (1980) observó que la radiación solar difusa que alcanza las hojas y los racimos del interior del canopy desciende geométricamente a medida que aumenta el número de capas de hojas. Los canopys densos producen condiciones adversas para obtener cosechas de buena calidad, ya que el interior de esos canopys reciben una cantidad de radiación escasa y de baja calidad; además la baja velocidad del viento y la humedad elevada, pueden disminuir aún más la calidad debido a la podredumbre promovida por esa ventilación deficitaria.

Las hojas exteriores y las bayas son calentadas por la absorción de esa radiación solar de longitud de onda corta, si bien la diferencia de temperatura respecto del aire depende de la carga de radiación, velocidad del viento, tamaño de la hoja y color de la baya. Las hojas expuestas, que están bien suministradas de agua y transpiran activamente, son calentadas en menos de 5°C por encima de la temperatura del aire, mientras que las hojas sombreadas pueden estar por debajo de la temperatura del aire debido al enfriamiento provocado por la transpiración.

Dentro de la misma cepa, las bayas de los distintos racimos están sometidas a diferentes temperaturas, lo que repercute en la diferente composición del mosto, así según Reynolds y col. (1986) los racimos de las posiciones externas de las viñas, generalmente tienen valores más elevados de sólidos solubles totales y menores cantidades de málico y acidez total que los del interior de la cepa. Smart (1985) confirma que en el interior de los canopys densos se crea sombra que produce retraso tanto en la acumulación de los azúcares como en la degradación de los ácidos.

Kliewer (1981), Shaulis (1980) y Smart (1985) mostraron que los canopys densos con baja iluminación, producen fruta con menos contenido de azúcar, valores más elevados de acidez (especialmente de málico) y pH, así como mayores concentraciones de potasio. Sin embargo Kliewer y Lider (1970) mostraron que las bayas de las cepas que crecían bajo poca luminosidad tienen un contenido de sólidos solubles totales escaso, valores de pH bajos, la acidez total elevada, y concentraciones de málico mayores respecto a las bayas procedentes de cepas no sombreadas.

Igualmente se producen cambios en la composición de las bayas cuando las condiciones de luminosidad se alteran por prácticas de cultivo tales como la poda de verano, la conducción en espaldera, o la eliminación de hojas, aunque estas prácticas además pueden afectar a la fisiología de la planta.

Morrison y Noble (1990) realizaron un sombreado artificial sobre las hojas y en los racimos, observando que en ambos casos se altera la composición de las bayas, aunque los distintos componentes se ven afectados de modo diferente. El sombreado de las hojas influye en mayor medida sobre el tamaño de la baya, el pH del mosto, el contenido de azúcar y el nivel de potasio, así como también se ve afectado el metabolismo del málico. Sin embargo el sombreado de los racimos no tiene apenas efecto en estos componentes, pero sí repercute en el contenido de los antocianos y de los fenoles totales que se redujeron por el sombreado de los racimos, pero no por el de las hojas.

Mientras que algunos autores creen que la exposición de los racimos a la luz disminuye la acidez total, principalmente el málico y aumenta el pH, otros creen que el sombreado aumenta el pH; en el primer caso la disminución de la acidez, especialmente el málico, se debe a un aumento de la temperatura de las bayas que están expuestas respecto a las que están en la sombra. El aumento en la acumulación del azúcar en la fruta expuesta, se debe tanto a un aumento de la temperatura de la baya como a una mayor exposición de las hojas próximas al racimo.

Para una intensidad luminosa dada, las bajas temperaturas del aire se traducen en concentraciones elevadas de málico, de pigmentos, y un descenso en °Brix. Los efectos en el tamaño de la baya, sólidos solubles totales, málico, pH, y acidez total, varían con la duración de la exposición a una temperatura dada y según el estado de crecimiento en que se encuentre la baya.

La iluminación de la baya se puede relacionar con la cantidad de calor acumulado. Kliewer y Lider (1970) mostraron que las bayas expuestas a radiación solar directa presentaban temperaturas entre 1-11°C más elevadas que las bayas sombreadas, y el porcentaje de calor recibido diariamente fue de un 43-62% mayor para los racimos soleados que para los sombreados. También encontraron que los racimos que estaban expuestos tenían menor peso de baya y menor acidez total que los racimos de la zona sombreada de la viña. Koblet y col. (1977) demostró que las bayas soleadas tenían más azúcar y menos acidez (sobre todo málico) que las que procedían de la sombra, esas diferencias fueron mayores justo antes del envero que en vendimia. Crippen y Morrison (1986) mostraron que tanto las bayas soleadas como las de la sombra, tenían la misma cantidad de azúcar por baya pero distinta concentración, puesto que las soleadas tenían menor tamaño, sin embargo la cantidad de fenoles por baya eran mayores en las soleadas.

Las variaciones de estación a estación en las concentraciones de azúcar y ácidos orgánicos de las bayas en vendimia se han relacionado con integrales de calor durante el periodo de desarrollo de la baya. Es muy importante considerar las condiciones de temperatura durante la maduración de las uvas, especialmente entre el envero y vendimia. La temperatura va a influir en la coloración, composición, y calidad de las frutas (Winkler y col., 1974).

Kliewer y Lider (1970), y Buttrose y col. (1971) encontraron que las temperaturas diurnas (7 am hasta 7 pm), entre 15 y 20°C, aumentaban el nivel de antocianinas, acidez total, y ácido málico, disminuían el pH, arginina y prolina, y el nitrógeno total, en comparación con las fototemperaturas de 30 a 35°C.

Según el momento del desarrollo de la baya en que se produce el calentamiento, las respuestas serán diferentes. El mayor efecto en el tamaño de la baya y en su desarrollo se produce cuando el calentamiento es al principio del ciclo, que es cuando las células del pericarpio se están dividiendo, y las respuestas van a ser menores a medida que nos acercamos al periodo de maduración. Si las temperaturas superan los 30°C durante la primera fase de desarrollo de la baya, se va a afectar el crecimiento ya que se reduce tanto el número como el tamaño de las células del pericarpio, sin embargo durante la segunda fase (después del envero) las temperaturas apenas tienen un efecto en el crecimiento.

El ritmo de respiración de las plantas está directamente relacionado con las temperaturas y se ha mostrado que los ácidos orgánicos de las uvas, especialmente el málico, son rápidamente eliminados al aumentar la temperatura, mientras que el nivel de azúcares está poco afectado (Kliewer, 1973).

Combe (1987) observó también que los efectos de la temperatura en la concentración de azúcar son pequeños, y así a medida que aumenta la temperatura (entre 15 y 30°C) también lo hace la concentración de azúcares, si bien a temperaturas mayores de 33°C se produce una disminución del mismo modo que lo hace el crecimiento de la baya. Con la acidez ocurre lo contrario sobre todo debido al efecto sobre el málico ya que el tartárico apenas se ve afectado. El málico va a disminuir por el proceso de respiración, siendo el tejido vascular de las bayas el lugar donde se cree que existe una mayor respiración de este ácido, y teniendo en cuenta que el ritmo de ese proceso aumenta a medida que las temperaturas son mayores, por eso las temperaturas van a afectar al pH del mosto.

Muchas de las contradicciones en la literatura sobre los efectos de la luz, se deben a la distinta localización de las cepas, el tipo de suelo, la variedad y la manipulación del canopy que

se utiliza en cada estudio. La temperatura originada al incidir la radiación solar sobre la superficie de las cepas es uno de los factores ambientales que más influyen en la composición de la uva y en su calidad, probablemente el factor que más influye en la viticultura.

2.2.2.- RIEGO.

El agua es el mayor constituyente de las hojas, frutos y pámpanos verdes, y es esencial para mantener los procesos fisiológicos, tales como la fotosíntesis, respiración, translocación y absorción mineral (Smart y Combe, 1983). Los procesos reproductivos de la planta son altamente sensibles al nivel de agua; la disponibilidad de agua juega un papel decisivo en la iniciación floral así como en el metabolismo de la baya durante el proceso de maduración, y en la producción final de cosecha.

Según Spiegel-Roy y Bravdo (1964) la disponibilidad de agua afecta al potencial hídrico de varios órganos de la planta, y así el riego prolonga el periodo de actividad fotosintética de la hoja, retardando su senescencia. En el caso de las hojas su potencial hídrico depende de las condiciones climáticas de evaporación, por eso no se usa como indicador de las necesidades de riego de la planta.

Con el riego se pretende compensar las carencias de agua de las plantas cultivadas y conseguir así un máximo de producción para un mayor beneficio económico. Es muy importante tener en cuenta la localización geográfica del cultivo para la aplicación o no de un tipo de riego. El riego de las viñas es una práctica común en países de climas secos donde el estado hídrico de la cepa puede ser regulado mediante el control del suministro de agua al suelo a través de un sistema de riego. Sin embargo, esta técnica no es adecuada o incluso está prohibida en áreas templadas, ya que según algunos autores supone un retraso en la maduración (McCarthy y Combe, 1985; Rühl y Alleweldt, 1985).

La cantidad de agua aplicada depende por tanto de dos tipos de factores: climatológicos y del cultivo. Dentro del primer grupo destacan la temperatura que puede favorecer la evaporación y actividad de la planta, la insolación que es fundamental en las reacciones de fotosíntesis, y la humedad ambiente que puede provocar una disminución en el consumo de agua debido a un aumento en la pluviometría o un aumento del consumo debido a los vientos secos. Para determinar las necesidades de riego de una planta, hay que tener en cuenta no sólo los factores ambientales sino las respuestas de ésta al suministro de distintas cantidades de agua, esto se

puede estudiar a través de los efectos sobre el crecimiento, la producción y la calidad del mosto. En el segundo grupo hay que destacar la influencia del tipo de cultivo de estudio (herbáceo o no ya que eso nos da idea de la profundidad de sus raíces, del momento del ciclo vegetativo, y la presencia o no de malas hierbas) y el tipo de suelo (profundidad, textura, características químicas), ya que la frecuencia de aplicación del riego va a depender de la capacidad para retener ese agua por el suelo, profundidad del riego (Prior y Grieve, 1986).

Existen factores que pueden influir en el estado hídrico de la planta como es el distinto tipo de sistema de conducción, ya que éste define la forma del canopy y la densidad foliar, y así se pueden modificar el grado de sombreamiento y la humedad relativa que se produce en el interior del canopy (Van Zyl y Van Huyssteen, 1980; Smart y Combe, 1983). La conductancia estomática y la transpiración se reducen cuando las hojas de las cepas están sombreadas esto queda marcado por la geometría de la planta y eso es lo que afecta a las relaciones hídricas de la planta (Smart, 1974).

Mientras que en las áreas frías y húmedas el suministro de agua provoca efectos negativos en la calidad del mosto, el suministro de agua durante las estaciones secas generalmente aumenta el vigor de la cepa, el tamaño de baya y los niveles de producción, si bien el impacto mayor se produce sobre la composición del mosto debido a su efecto en la hidratación de las uvas, que consigue diluir algunos componentes importantes como el color y el aroma. Estos efectos dependen en gran medida del método de riego empleado, el régimen hídrico o frecuencia de riego, y la cantidad de agua suministrada (Bravdo y col., 1985).

El efecto del riego sobre la calidad del mosto se ha conocido a través de los análisis de los componentes de las uvas. El riego se consideró que disminuía la calidad del mosto porque retrasaba la acumulación del nivel apropiado de azúcar (Ballatore y col., 1970), aunque análisis sensoriales de los vinos experimentales obtenidos de esos mostos demostraron que no existían diferencias entre los que procedían de viñas regadas o no regadas (Vaadia y Kasimatis, 1961; Van Zyl y Weber, 1977).

Por tanto algunos investigadores concluyen que el riego determina efectos positivos sobre la calidad del mosto, frente a otros que consideran que la influencia del riego es negativa, si bien existen algunos que no observan ninguna diferencia significativa.

Freeman y col. (1980) no encontraron diferencias importantes entre la calidad de los mostos procedentes de cepas regadas y no regadas. Rühl y Alleweldt (1985) mostró la gran influencia del momento del riego en la producción y calidad de las uvas. Comprobó que el

contenido de azúcar aumenta cuando el suministro de agua se realiza durante el periodo de maduración, momento en el que tiene lugar la acumulación de azúcares, sin embargo el riego temprano aumenta la producción, pero disminuye la cantidad de azúcar.

A pesar de la frecuencia con que se enfatiza en el efecto perjudicial del riego sobre la calidad del mosto, sólo algunos estudios apoyan esta teoría (Hardie y Considine, 1976).

Varios autores (Goosen, 1956; Winkler, y col., 1974) recomiendan un déficit de agua durante la maduración de la fruta para mejorar ese proceso de maduración, favorecer el desarrollo de color y la acumulación de azúcares, debido a la menor competencia de la baya con otros órganos vegetativos en crecimiento.

El riego determina el crecimiento de la vid y afecta el tamaño del canopy y como consecuencia a su microclima. La aplicación de un exceso de agua es inútil ya que favorece una densidad elevada del canopy y un sombreamiento que puede perjudicar a la calidad de la uva (Neja y col., 1977; Smart y Combe, 1983). Según el momento en el que se aplica el riego los efectos causados son distintos, así cuando éste es en los inicios del desarrollo vegetativo se mejora el crecimiento y aumenta el área foliar, mientras que cuando el riego es al final de la estación puede causar un crecimiento de tallos anticipados, esto es un efecto indeseable porque compiten con los frutos por los distintos asimilados, además de causar sombreado en los racimos debido al aumento de hojas, todo ello retrasa la maduración. Cuando el excesivo crecimiento vegetativo es durante la floración se produce un descenso en el número de frutos debido a la competencia entre las bayas con otros órganos por los fotosintatos, mientras que si esa competencia es durante el envero y posteriormente, causa una disminución en el color de la fruta y en la calidad expresada en términos de azúcares, aroma y sabor (Vaadia y Kasimatis, 1961; Neja y col., 1977; Freeman y Kliwer, 1983; Smart y Combe, 1983; Bravdo y Hepner, 1986).

McCarthy y Combe (1985) observaron que el aumento de la capacidad fotosintética de las viñas regadas, se refleja en un aumento en el contenido de solutos. Estos autores sugirieron que el riego *per se* no disminuye la calidad, si bien los efectos secundarios del riego en la producción de la cepa parecen ser de mayor importancia. Hay que tener en cuenta que todos los tratamientos que se dirijan a maximizar la fotosíntesis pueden conducir a un exceso en el crecimiento vegetativo a expensas de la producción.

Es necesario considerar el efecto del estrés hídrico en varios estados del crecimiento y de desarrollo de la baya y su efecto sobre el equilibrio entre el crecimiento vegetativo y la producción. En general, la producción descende a medida que la disponibilidad de agua

disminuye; sin embargo, la pérdida de calidad y producción depende del momento en que ocurre el déficit de agua en relación al desarrollo del fruto. Se cree que la disminución de la producción puede ocurrir cuando las cepas están sometidas a estrés hídrico en cualquiera de las dos fases principales de crecimiento (I o III), así los déficits antes del envero, muestran cómo se reduce severamente el número de frutos y/o el tamaño de la fruta, mientras que el estrés aplicado después del envero causa pérdida de cosecha, por reducción sólo del tamaño. Aunque existe evidencia del adelanto de la maduración que se produce cuando se produce un déficit hídrico en los últimos estados de maduración (Smart, 1983), hay algunos trabajos que por el contrario encuentran un retraso en la maduración cuando se corta el riego tanto en los inicios como en momentos más tardíos, debido a una severidad en el estrés.

Un déficit de agua en el suelo afecta adversamente a las funciones fisiológicas de la cepa; uno de los efectos más importantes de las limitaciones del agua es la reducción del área foliar necesaria para la eficaz interceptación de radiación solar, con la consiguiente disminución de la actividad fotosintética y los efectos sobre la composición de la baya. La falta de fotosíntesis y la pérdida de turgor de la fruta producen efectos irreversibles en el tamaño de la baya por efectos de desecación y disminución en el número de células del pericarpio. Ante un determinado estrés hídrico si las bayas han conseguido alcanzar un diámetro mínimo, es posible facilitar la retención del agua ya que eso coincide con la presencia de ciertos componentes osmóticamente activos: azúcares y ácidos (Hardie y Considine, 1976).

El estrés hídrico reduce el número de racimos por cepa, así como el número de bayas por racimo, ya que se afecta al desarrollo de las bayas de esa estación y también a los primordios que se convierten en bayas en la siguiente. Smart y Combe (1983) citan muchas referencias que demuestran cómo el estrés hídrico perjudica el crecimiento de la baya, bien directa o indirectamente por el escaso sombreado o por la baja relación hojas/frutos en todos los estados de crecimiento y desarrollo.

El estrés hídrico puede ser debido a factores externos del medio ambiente, como la radiación solar, temperatura y velocidad del viento, humedad relativa (Smart 1974), todos ellos son factores determinantes en el proceso de la evapotranspiración. Como consecuencia de todo ello se producen pérdidas en transpiración mayores que la absorción de agua por el suelo.

La transpiración por las hojas, y en menor medida por las bayas, son la mayor fuente de vapor de agua, controlando de este modo el calor producido al incidir la radiación de longitud de onda corta sobre estas superficies, si bien pueden causar un aumento de la humedad en el centro

del canopy que determina un microclima no adecuado sobre los racimos. El ritmo de evaporación de ese agua en el centro de un canopy más o menos denso se reduce en función de los bajos niveles de radiación que llegan y por las bajas velocidades del viento, debido a que las hojas son un freno para la velocidad del viento, produciendo como resultado un aumento de la humedad. esto es importante además en el desarrollo de las enfermedades fúngicas.

Viñedos que están regados tienen un gran vigor y producen un gran crecimiento vegetativo. Las causas comunes de reducción del vigor son debidas a factores como el estrés hídrico, carga de cosecha, enfermedades, etc. Un número elevado de factores puede aumentar el vigor de la cepa y consecuentemente la producción. Según Smart (1985) muestra los distintos aspectos en el microclima de un canopy según el tipo de vigor.

	Bajo vigor	Alto vigor
Disposición de hojas y bayas	exterior	
Disposición de hojas viejas y bayas	interior	
Temperaturas nocturnas	bajas	más altas
Temperaturas diurnas	altas	más bajas
Niveles en PAR y λ corta	altos	bajos
Humedad relativa	baja	alta
Velocidad del viento	alta	baja

Los viñedos que crecen en terrenos fértiles tienen gran vigor y una alta relación de crecimiento vegetativo/cosecha. La calidad de la fruta de tales viñedos debe ser mejorada de modo que produzca una adecuada cosecha y que consiga buen equilibrio entre el crecimiento vegetativo y buena penetración de la luz en el canopy (Hepner y Bravdo, 1986; Smart, 1985; Smart y Combe, 1983).

2.2.3.- SISTEMAS DE CONDUCCION.

El modo en el cual una cepa es conducida influye en su microclima, participando en la regulación del crecimiento, la producción, y composición de la uva. Los resultados obtenidos en varios estudios indican que el cambio en la conducción (geometría de la planta) puede afectar a la exposición de luz de la hoja y mejorar así su capacidad fotosintética (Carbonneau, 1980; Shaulis,

1980), a la temperatura de la baya, a la velocidad del viento (Van Zyl y Huyssteen, 1980) y a otros parámetros, mejorando así la calidad y cantidad de los racimos.

En todas las áreas del mundo se están estudiando y desarrollando nuevos sistemas de conducción, mientras que los tradicionales están siendo críticamente revisados para reducir así los costes de producción y aumentar la cantidad y sobre todo la calidad del producto. El estudio de los efectos de estos sistemas de conducción en las relaciones hídricas puede dar una mejor perspectiva de su influencia en la producción de la uva.

El sistema de conducción juega el papel más importante para determinar la intercepción de la radiación solar por la cepa, así el área foliar y la estructura del canopy van a depender del sistema de conducción elegido (Smart, 1985). Una manera de compensar el problema de baja intercepción de la intensidad luminosa es extender el canopy, de modo que exista el mayor número de hojas expuestas a la radiación a lo largo del día. La intercepción se puede mejorar bien por expansión lateral del canopy o bien por aumento en la altura del sistema de conducción. Esto último permite que exista más superficie foliar en cada lado, que absorba la radiación solar directa durante un periodo más largo del día.

El microclima cerca y dentro del canopy difiere de las condiciones ambientales que afectan al viñedo general, dependiendo del número y disposición de las hojas y por tanto del volumen del canopy. Los distintos sistemas de conducción cambian la disposición de las hojas y la dirección de crecimiento de los pámpanos, cambiando tanto la superficie foliar de la cepa como el área superficial del canopy por unidad de área de tierra.

Los distintos sistemas de conducción son diseñados o elegidos en función de sus efectos sobre el equilibrio entre el crecimiento vegetativo y la producción, sobre la intercepción de la radiación solar y la posibilidad de favorecer operaciones como la poda y la vendimia. Reynolds y col. (1985) vieron que la utilización de altos troncos y/o manteniendo una gran área superficial de madera perenne (sirve como base para la producción de yemas, y como almacén de carbohidratos), mejoraba la mayoría de los parámetros del crecimiento vegetativo.

Jackson (1986) supuso que el número de bayas que se originan influye en el crecimiento foliar, y por tanto la relación hojas/frutos queda definida al final de la fase I de crecimiento, es necesario una buena relación hojas/bayas para una adecuada maduración. La consecuencia de bajas cosechas y elevada área foliar (relación alta hojas/frutos) es la de un alto contenido de sólidos solubles totales, pero unos valores de pH y acidez no deseables. Los valores de pH altos y acidez baja son problemas de climas templados; en este caso la solución es crear un microclima

que evite el crecimiento vegetativo excesivo. Al mejorar la exposición de la fruta disminuye la acidez y mejoró la calidad.

La modificación de la estructura del canopy también se ha hecho con la finalidad de evitar procesos de podredumbre causada por la infección de *Botrytis cinerea*. La podredumbre se ve favorecida por las bajas temperaturas, y por largos periodos de humedad elevada sobre las bayas (English y col., 1990). Estos autores encontraron que la eliminación de las hojas basales modificaba la temperatura, la velocidad del viento, la humedad atmosférica y la humedad de las hojas alrededor de los racimos, es decir, al disminuir la densidad del canopy aumenta la velocidad de evaporación.

La densidad de las cepas va a tener una gran influencia en la calidad de las uvas, principalmente a través del efecto del crecimiento de los tallos en la densidad del canopy (Smart, 1985), y de la competencia de éstos con los frutos por los fotosintatos (Koblet y col., 1977; Champagnol, 1984). Para obtener un gran número de fotosintatos es necesario una gran actividad fotosintética, que va a depender de cómo estén dispuestas las hojas y de la cantidad, para favorecer una máxima intercepción solar.

Champagnol (1979-1984) explicó los resultados contradictorios de los experimentos con distinta densidad de plantación, que eran debidos a variaciones en el crecimiento vegetativo y en el microclima del canopy.

La densidad de las cepas influye en el vigor de las mismas, aunque en el vigor también va a intervenir el potencial del suelo, las prácticas de cultivo (riego, sistemas de conducción, poda, fertilización...), y/o las características genéticas de la variedad usada. A mayor vigor se necesita más espaciado para producir cosecha de mejor calidad.

2.2.4.- TECNICAS DE CONTROL DE LA SUPERFICIE FOLIAR

Las hojas van a producir un sombreado natural que influye en las características de los racimos. Con el fin de reducir la sombra del canopy y aumentar la exposición de la fruta, se practican operaciones como la poda, el despunte, el aclarado de tallos y eliminación selectiva de hojas, así como la conversión del sistema de cultivo o modificación del sistema de conducción.

Las hojas tienen una gran influencia en la composición de las uvas, por eso deben ser manejadas de tal modo que se aproveche todo su potencial. El área foliar y el número de hojas son los mayores determinantes de la productividad de la planta, si bien la variedad, el clima, el

sistema de conducción, y las manipulaciones en el cultivo pueden cambiar esos valores. Existe un valor mínimo en la relación entre el área foliar/peso de racimos, para que se produzca una maduración adecuada de las bayas, y se comprueba que el área foliar influye en la cantidad de energía disponible para producir una cantidad de azúcar por parte de la baya. Kaps y Cahoon (1992) vieron que la reducción en cm^2/g , afectaría primero al crecimiento vegetativo, segundo al °Brix, y al final a la cantidad de fruta y pesos medios de las bayas.

El valor de la relación área foliar/peso fruta, es lo que habitualmente se usa para estudiar la carga de cosecha y sus efectos en la calidad de la fruta, observándose que los requisitos de los órganos vegetativos y reproductivos frente a los carbohidratos son distintos cuando se limita el área foliar.

Las prácticas de defoliación han dado conclusiones divergentes. Lo que se intenta con esa práctica es llegar a una buena relación entre crecimiento vegetativo y reproductivo (relaciones hoja/fruto adecuadas) y almacenamiento de reservas, para alterar favorablemente la composición de la baya (Hunter y col., 1991). La defoliación que se practique debe permitir a las plantas madurar las bayas mejor que con mayor cantidad de hojas, ya que es posible que las hojas restantes aumenten su capacidad fotosintética y no se aprecia un retraso en la maduración.

Las restricciones severas de las hojas que suministran fotosintatos al racimo pueden afectar adversamente a la calidad de la fruta y retrasar la maduración (Kingston y Van Epenhuijsen, 1989). Todos los tratamientos de defoliación reducen el peso de la baya y la concentración de sólidos solubles totales, siendo más pronunciado el efecto cuando se realiza en los estados iniciales de desarrollo más que en los tardíos de maduración. En este caso se comprueba que la fruta es más pequeña, tienen menor concentración de azúcar y poca coloración en las variedades tintas; estas plantas pueden movilizar carbohidratos almacenados en las zonas de reserva, de modo que cuanto mayor sean las cantidades de sustancias de reserva menor retraso en la maduración se produce y menos afecta a la calidad.

Kliewer (1970) sugirió que la defoliación temprana, afecta tanto a la división celular como al tamaño de la célula, y por tanto al tamaño final de la baya, a menor número de hojas, el crecimiento de la baya es menor. Otro factor que puede contribuir al menor tamaño de la baya es que debido a la defoliación existe una mayor exposición a la radiación solar de los racimos y por lo tanto a mayor temperatura. Kliewer y Lider (1968) encontraron que las bayas expuestas a radiación solar directa estaban entre 2,2 y 10,5°C más templadas que las bayas de las zonas sombreadas, y el peso de las expuestas era menor en vendimia.

Estos autores vieron que las bayas procedentes de viñas defoliadas en los estados iniciales tenían mayor acidez debido al lento ritmo de maduración, esto sugirió que las hojas tienen una pequeña influencia directa en la acidez total de la fruta durante la maduración. Las bayas adquieren máxima acidez justo antes del envero (Kliewer, 1965), y durante el periodo anterior, las hojas pueden afectar a la acidez de la fruta suministrando los metabolitos necesarios para la síntesis o directamente los ácidos. Kliewer y Lider (1968) estudiaron que en las bayas que procedían de cepas a las que se había eliminado las hojas basales se daba una baja acidez, como consecuencia de que a las bayas se las sometía así a una mayor exposición y mayor temperatura.

A medida que el canopy es más denso y por tanto tiene mayor número de capas de hojas, el alcance de la luz a las más interiores va siendo menor, en este caso la fruta producida va a tener poco contenido de azúcares, mayor cantidad de potasio, de málico y pH. La defoliación también puede afectar a la relación de longitudes de onda del infrarrojo/infrarrojo lejano, estimulando la respuesta de ciertos sistemas enzimáticos implicados en la maduración, que afectan a la acumulación del málico, azúcares y al valor del pH.

Según Candolfi-Vasconcelos y Koblet (1990) la eliminación de la superficie foliar activa puede ser debida a ciertas enfermedades o por condiciones climáticas desfavorables, si bien la defoliación mecánica practicada favorece el microclima en los canopys densos. Las repercusiones de la defoliación en la cantidad y calidad de la fruta no siguen un modelo lineal debido a la capacidad de compensación de la viña ante situaciones de estrés (por medio de un aumento de tallos anticipados o por aumento de la actividad fotosintética de la planta en el sentido de fijación de carbono).

Kliewer y Lider (1970) observaron que la eliminación de la mitad de las hojas no afecta mucho a la maduración por varios factores:

- el resto de las hojas recibe una cantidad apropiada de luz,
- el resto de las hojas pueden aumentar la eficacia fotosintética. Buttrose (1966) mostró que la eficacia de la actividad fotosintética aumenta al aumentar el número de órganos que necesitan fotosintatos en relación a la fuente donde se forman,
- la disponibilidad de reservas de carbohidratos procedentes de las raíces, tronco, y tallos. Se puede conseguir que más del 40% de los azúcares procedan de las reservas y no directamente de las hojas,
- cantidad de cosecha baja.

Es importante el tipo de hojas que se van a eliminar, y el momento en el que se produce. Desde floración, las hojas principales son los únicos órganos de suministro, los tallos anticipados están iniciando su crecimiento y actúan como sumideros, por eso la eliminación de las hojas en este momento supone una disminución de la cosecha debido a un menor número de flores. Según Candolfi-Vasconcelos y Koblet (1990) para obtener una buena cosecha cuali y cuantitativamente, es necesario que las plantas dispongan de una adecuada superficie foliar en dos periodos fundamentales, que son el cuajado de la fruta y la maduración. Las hojas principales son necesarias durante el cuajado para asegurar cantidad de fruta y fertilidad de yemas, y las hojas laterales deben estar presentes durante la maduración para asegurar la calidad de la fruta y las reservas de la madera.

Las diferencias en la producción y la composición de la fruta que van asociadas con la severidad y el momento de la defoliación pueden ser explicadas por varias razones:

- Diferencias en el crecimiento de los tallos anticipados.
- Reducciones en el vigor.
- Eliminación de cantidades variables de superficie foliar activa.
- Cambios en la densidad del canopy con los consiguientes cambios en la exposición de las hojas y la fruta.

Las trabajos de defoliación no son prácticos ni económicos. Lo que importa es que no exista mucha vegetación hasta el envero, para que resulte en una máxima exposición de las hojas a la luz y evitar pérdida de energía (Hunter y col., 1991).

3.- CONSTITUYENTES QUIMICOS

3.1.- AZUCARES

3.1.1.- GENERALIDADES

El mosto de uva contiene de forma natural pentosas y hexosas, que representan principalmente los denominados azúcares reductores, ya que reducen los licores alcalinos cúpricos. También se pueden encontrar disacáridos como la sacarosa, aunque ésta sólo aparece en concentraciones de trazas, tanto en la uva verde como en la madura, así como también almidón (en bayas verdes), poliosidos, y pectinas procedentes por ejemplo de la ruptura de las paredes celulares.

Dentro de las hexosas del mosto destacan, la D(+)glucosa (es una aldosa llamada también dextrosa porque desvía a la derecha el plano de la luz polarizada), y la D(-)fructosa (cetosa denominada también levulosa porque posee poder rotatorio hacia la izquierda). La D(-)fructosa es 1.5 veces más dulce que la glucosa, así el dulzor del mosto viene determinado por la relación glucosa/fructosa. A igualdad de sólidos solubles totales en un mosto, cuanto mayor sea la proporción de fructosa, más dulce va a ser; de este modo las bayas con un 15% de fructosa tienen el mismo dulzor que las bayas con un 22,8% de glucosa. Este es el caso de las uvas de mesa que se pueden vendimiar con baja proporción de sólidos solubles totales ya que tienen una elevada concentración de D(-)fructosa, y por tanto son más dulces. También se ha detectado la D-galactosa aunque en muy pequeñas cantidades, del orden de 100 mg/L.

En el caso de los disacáridos, Stoev y col. (1960) y Kliewer (1965) señalan que la sacarosa está presente en el fruto de cualquier vinífera, y es el primer azúcar formado en la fotosíntesis y translocado posteriormente a las bayas. Sin embargo, Sepúlveda y Kliewer (1986) en sus experiencias con uvas Chardonnay (*Vitis vinifera* L.), no detectaron sacarosa libre en las bayas si bien encontraron elevadas cantidades de sacarosa, glucosa y fructosa en el resto de los tejidos vegetativos y leñosos; estos autores justifican estas discrepancias como consecuencia de los métodos usados en la detección de la sacarosa o por los procedimientos de extracción. Kliewer y Nassar (1966) observaron que durante los últimos estadios de crecimiento, la sacarosa fue el principal azúcar presente en las hojas. Existen variedades como la *Vitis rotundifolia* en la

que los contenidos en sacarosa son muy importantes y las cantidades están comprendidas dentro de un orden de un 10-20% de los azúcares totales (Carroll y Marcy, 1982).

Dentro de las pentosas destacan la arabinosa y la xilosa, si bien se encuentran en pequeñas cantidades en las uvas maduras (0,3-1,0 g/L del mosto). En los mostos existirían en forma combinada y serían liberadas en el curso de la fermentación, debido a posibles procesos de hidrólisis de las pectinas o de polisacáridos que contienen cinco átomos de carbono, si bien estas pentosas no son fermentables por las levaduras (Esau, 1967).

Por tanto, en variedades de *Vitis vinifera* L. se puede decir que los azúcares predominantes son la glucosa y la fructosa (de igual fórmula empírica $C_6H_{12}O_6$), que constituyen una gran parte de la materia seca de la baya. Normalmente esos dos azúcares llegan al 99% de los carbohidratos del mosto, y entre el 12 y 27% ó más del peso de las bayas maduras. Los azúcares se van a distribuir con más preferencia en la pulpa que en el hollejo ó semillas. Estos azúcares fácilmente fermentables por las levaduras (la glucosa tiene más facilidad que la fructosa), van a proporcionar alcohol y CO_2 transformando así el mosto en vino.

El análisis del contenido de azúcar de las uvas que están madurando es un factor importante para determinar el momento óptimo de la vendimia. Está ampliamente aceptado el uso de °Brix o Balling como un indicador del contenido en azúcares y así del estado de madurez de la baya. La escala de °Brix (o sus muchos equivalentes) expresa los sólidos solubles totales (azúcares y el resto de sustancias disueltas) como una cantidad por unidad de solvente (agua), así el °Brix viene expresado como gramos de sacarosa en 100 gramos de solución.

Crippen Jr y Morrison (1986) muestran cómo el contenido de sólidos solubles totales (SST) alcanza valores similares al porcentaje en peso de azúcares determinados por HPLC, sólo después de los 18 °Brix. Por tanto no siempre es válido el hecho de que el valor de °Brix sea igual al contenido de azúcar, ya que se ha comprobado durante el proceso de maduración de las uvas la presencia de sustancias como los ácidos orgánicos, aminoácidos, carbohidratos precursores de la pared celular, y otros compuestos orgánicos e inorgánicos que tienen índices de refracción similares a la glucosa y la fructosa. Estos componentes contribuyen a la lectura de °Brix en los inicios del crecimiento de la baya cuando la concentración de azúcar todavía es baja; mientras que al final del periodo de crecimiento, cuando la glucosa y la fructosa están en mayor cantidad en relación al resto de componentes, las lecturas de °Brix se van aproximando cada vez más a la concentración de azúcar y llegan a superar el valor de °Brix cuando el estado de maduración está muy avanzado.

Kliwer (1967) observó este mismo hecho, de modo que cuanto más inmaduras están las bayas mayor es la diferencia entre los SST y el contenido total de azúcares (glucosa+fructosa). Cuando las bayas están al inicio del periodo de crecimiento la cantidad de tartárico y málico es elevada y son estos ácidos los que más van a contribuir a esas diferencias observadas. Este autor comprobó que un 1% de ácido tartárico en una solución estándar de glucosa-fructosa aumenta la lectura del refractómetro entre 0,7 y 0,8 °Brix, así como también lo hacen las sales minerales presentes, compuestos nitrogenados, taninos, sustancias pécticas, pigmentos etc., mientras que cuando las bayas están próximas a la madurez esas determinaciones suelen coincidir. Para convertir esos dos valores, °Brix (g de sacarosa/100 g de mosto) y glucosa+fructosa (g/100 ml), es necesario que se tenga en cuenta la densidad del mosto.

Como al final de la maduración más del 90% del total de sólidos solubles son azúcares, se toma la determinación de °Brix como medida del contenido en azúcar.

3.1.2.- BIOSINTESIS Y DEGRADACION

La baya es un fruto carnoso donde se va a producir una acumulación de azúcares durante el proceso de la maduración. Esa acumulación se ha demostrado que no ocurre de manera idéntica en todas las bayas de un mismo racimo, así se observa que los granos más azucarados son los más próximos al sarmiento, porque son los primeros en recibir la savia elaborada. Igualmente, los azúcares no están distribuidos de forma equitativa dentro de la misma baya, en este sentido se observa que dentro de la pulpa el contenido de azúcares es mayor en la zona intermedia (187 g) le sigue la zona próxima a la periferia (180 g) y luego la zona que rodea a las pepitas (166 g) (Ribéreau-Gayon, 1975).

Las cantidades de azúcares reductores en las uvas maduras varían entre 150-250 g/L, si bien en algunos casos los mostos de cepas especiales (moscatel, garnacha) contienen hasta 300 g/L, y los mostos de uvas afectadas por la podredumbre noble pueden incluso sobrepasar esta concentración. El valor final de SST que se alcanza en las distintas variedades es importante puesto que es un valor potencial del alcohol que se va a producir durante la fermentación. Distintos autores han estudiado en las diferentes variedades de uvas la evolución de la glucosa, la fructosa y su relación a lo largo del proceso de la maduración, así Ribéreau-Gayon (1975) obtuvo los siguientes resultados (Cuadro 1) sobre las variedades Cabernet Sauvignon y sobre Cabernet Franc:

Cuadro 1.- Cantidades de los azúcares principales en dos variedades de Vitis (Ribéreau-Gayon, 1975).

Variedad	Glucosa (g/L)	Fructosa (g/L)	G/F
	*E-M	*E-M	*E-M
Cabernet Sauvignon	31,5-101,0	23,5-109,0	1,35-0,93
Cabernet Franc	8,1-101,0	4,0-109,0	2,02-0,93

* E-M : Envero-Madurez (Vendimia)

3.1.2.1.- Vías de acumulación

Los azúcares almacenados en las bayas en el curso de la maduración tienen distintos orígenes. Las vías principales para el aumento de las reservas de azúcares en las bayas son:

a) **Migración de azúcares a las bayas.** Esta translocación de azúcares tiene su procedencia en otras zonas de la planta como:

-las hojas: donde se sintetiza la sacarosa a partir de los glúcidos formados durante la fotosíntesis, siendo transportada en esta forma, o bien hidrolizada en forma de azúcares reductores, por los sistemas de conducción hacia las bayas. Durante el proceso de maduración, los glúcidos se mueven hacia las bayas a través de los tubos cribosos del tejido vascular; el carbono que forma parte de esos azúcares, teóricamente procede del proceso de la fotosíntesis realizado en cualquier hoja de la planta en donde los fotones activen los cloroplastos, y no únicamente de aquellas hojas próximas a las bayas (Coombe, 1992). Todos los factores que afecten a la fotosíntesis pueden influir directamente en el enriquecimiento en azúcares durante la maduración.

Buttrose y Hale (1971) informaron que el exceso de energía procedente de la fotosíntesis, puede ser almacenada en los cloroplastos de las hojas bien como carbohidratos ó como lípidos dependiendo de la temperatura. Esto sugiere un efecto regulador de la temperatura en la actividad enzimática ó en el nivel de sustratos dentro de los cloroplastos.

-las ramas y raíces (partes leñosas de las cepas): se produce una movilización eventual de las reservas ahí acumuladas. Esas sustancias de reserva, sacarosa y almidón, se hidrolizan a los correspondientes azúcares reductores, y es bajo esta forma como ocurre la migración hacia el

grano. Una vez que las moléculas de sacarosa alcanzan el floema, su origen es irrelevante para los procesos de translocación y acumulación por parte de las bayas (Coombe, 1992).

Las reservas acumuladas en las cepas dependen de distintos tipos de factores tales como la edad de la cepa, técnicas de cultivo y la climatología, de modo que los años más favorables se ayuda a enriquecer en azúcar a las uvas del siguiente año aún cuando éste no lo sea tanto; por eso las cepas más viejas dan producciones más regulares y de gran homogeneidad debido al desarrollo de la madera.

Mientras que en las viñas jóvenes la mayor parte de materia seca procede de los procesos de fotosíntesis que se realizan en esos momentos, en las viñas adultas una gran proporción de la materia seca procede de las reservas almacenadas (fotosíntesis anteriores).

Este proceso de migración de sustancias, procedentes tanto de la fotosíntesis actual como de las reservas, supone necesariamente una translocación, desde el origen (hojas ó partes leñosas) hacia el destino (la baya), por unos mecanismos que suponen un transporte de larga distancia, y cuya integridad depende de la separación de los compartimentos tanto en la fuente como en el destino. Se han estudiado varias hipótesis para estos mecanismos de transporte aunque no lo explican totalmente (Coombe, 1989; Lang y col., 1986).

b) Síntesis de los azúcares en la propia baya. Se describen varios mecanismos bioquímicos que varían según el momento del proceso de maduración como son:

-Transformación del ácido málico en azúcares: es una ruta de incorporación de glucosa a la baya, aunque esta vía no es significativa. El proceso bioquímico consiste en una reducción del málico a oxalacético, el cual se descarboxila a pirúvico que, siguiendo la ruta inversa de la glucolisis, se transforma en glucosa. Esta transformación del ácido málico en glucosa, se realiza sólo en las uvas maduras, y de este modo disminuye la acidez al final del proceso de la maduración. Pero no se puede considerar que la acumulación de azúcares en las bayas se deba a esta reacción, sobre todo por la cantidad tan elevada de azúcares que se acumulan al final de la maduración.

-Biosíntesis "in situ": la baya durante la fase herbácea (hasta el envero) es un órgano verde que realiza la fotosíntesis, aunque la proporción de CO_2 asimilado es menor que en el caso de las hojas. En la fotosíntesis los azúcares formados se van a acumular bajo la forma de glucosa y fructosa, aunque de forma general las uvas verdes incorporan el CO_2 preferentemente para la formación de ácidos orgánicos.

Por tanto las rutas bioquímicas fundamentales de adquisición de azúcares por las bayas son, la fotosíntesis (en hojas o bayas verdes) y la transformación del málico en glucosa (en bayas maduras), teniendo en cuenta que la procedencia mayoritaria es la de la fotosíntesis en las hojas con su posterior translocación.

Se han hecho numerosos estudios de procesos de migración de compuestos en la viña con la ayuda de azúcares marcados con carbono radioactivo. Los trabajos de Ribéreau-Gayon (1966) se realizaron introduciendo $^{14}\text{CO}_2$ en las hojas, demostrando que la hoja de la vid contiene en todo momento glucosa, fructosa, sacarosa y almidón, formados en el proceso de la fotosíntesis. La sacarosa es una reserva glucídica de rápida utilización mientras que el almidón constituye una forma de reserva estable, hasta que la hoja amarillea. La tasa de azúcares reductores de la hoja sufre ligeras fluctuaciones, un pequeño aumento durante el día y una disminución leve por la noche, mientras que las variaciones de sacarosa son de mayor amplitud. La formación durante el día es tanto más fuerte cuanto mayor es la exposición al sol y disminuye en el transcurso de la noche por migración a otros órganos de la planta.

La sacarosa, primer glúcido formado en la fotosíntesis, constituye una reserva glucídica que se encuentra en todos los órganos de la planta, fundamentalmente en los sarmientos, peciolo y escobajos, que son los órganos de conducción. Las migraciones se realizan bajo la forma de moléculas lo más pequeñas posible ya que son más móviles, así al salir la sacarosa de la hoja se hidroliza en azúcar invertido en los vasos libero-leñosos y su cantidad disminuye durante todo el recorrido desde el peciolo hasta la baya. En la uva tan solo encontramos vestigios de sacarosa difícil de detectar. Se cree que pequeñas cantidades de otros azúcares tales como rafinosa y estaquiosa, pueden estar envueltos en el proceso de movimiento de carbohidratos (Kliever, 1965).

3.1.2.2.- Vías de degradación

Las rutas de degradación de los azúcares en las bayas en el curso de la maduración son fundamentalmente:

a) **La respiración.** Este proceso va a producir una degradación de las moléculas de los glúcidos con liberación de energía, que va a ser utilizada por la célula para su funcionamiento y

reproducción. La glucosa es más sensible a la respiración celular que la fructosa, y su contenido es más susceptible de disminuir, lo que se demuestra en los fenómenos de sobremaduración.

b) **Oxidación de la glucosa vía glucolisis.** La glucosa pasa a ácido pirúvico, el cual es un producto intermediario de muchas reacciones.

c) **Oxidación de la glucosa por la ruta de las pentosas fosfato.** En ciertos órganos jóvenes, la glucosa se puede degradar por rutas distintas a la glicolisis. En este caso la glucosa-6-fosfato pasa al ácido glucónico y luego a ribulosa-5-fosfato por eliminación de un átomo de carbono en la posición 1, y como intermediarios aparecen glúcidos de 4, 5, y 7 átomos de carbono. Este mecanismo también es importante en la síntesis del ácido tartárico.

Hale (1962) mostró la presencia de regiones separadas para los azúcares según que se destinasen al almacenamiento o al metabolismo, si bien fue posteriormente estudiado por otros autores.

Hardy (1967, 1968) estudió el metabolismo de los azúcares en las bayas durante el proceso de maduración gracias al uso de marcadores. Observó que una gran parte de la glucosa y fructosa suministradas fueron rápidamente metabolizadas, mientras que la otra parte después de sufrir una interconversión, fue transportada a un lugar inactivo metabólicamente, evitando así su respiración. Los monosacáridos exógenos que se suministraron fueron metabolizados sin equilibrarse previamente con la glucosa y fructosa del interior de la baya, esto se comprobó por la aparente utilización preferencial de la glucosa y además el contenido inicial de glucosa y fructosa permanecía constante. Después de suministrar glucosa y fructosa marcadas se comprobó la presencia de sacarosa radioactiva, si bien las cantidades presentes de glucosa y fructosa de la baya antes de suministrar esos monosacáridos permanecían invariables, todo esto sugiere una localización de los azúcares en lugares diferentes según que se produzca una metabolización o un almacenamiento de los mismos, y además el azúcar utilizado en los procesos metabólicos deriva en primer lugar del que ha sido transportado al interior de la baya. Esos dos lugares no se sabe si son partes diferentes de la baya o compartimentos intracelulares distintos.

Hardy (1968) estudió la utilización de los azúcares por la baya a lo largo del proceso de maduración, indicando que después de la inversión de la sacarosa suministrada la cantidad de radioactividad era mayor en la molécula de fructosa. Este hecho posiblemente es debido a que la glucosa puede penetrar más rápidamente que la fructosa en los lugares de metabolización de la baya, o bien porque puede ser más fácilmente fosforilada y posteriormente utilizada, eso supondría dos posibles explicaciones de la presencia de fructosa en mayor proporción que la

glucosa en las bayas después del envero. Cuando se suministran hexosas marcadas se comprueba que la glucosa se metaboliza más rápido que la fructosa, a diferencia de esto al introducir $^{14}\text{CO}_2$ en las hojas de las cepas se observa que la glucosa está en mayor proporción, y las diferencias aumentan a medida que pasa el tiempo desde su administración. Esta discrepancia puede ser debida a la vía de entrada de los azúcares marcados a la baya, bien desde el pedicelo o bien con $^{14}\text{CO}_2$ a través de las hojas y posterior translocación, es decir, por el camino de la transpiración o por transporte por el floema. Los azúcares exógenos probablemente se dirigen pasivamente hacia los espacios intercelulares de las bayas desde donde son transportados a las células próximas; la posible hidrólisis de la sacarosa en esos espacios por las invertasas presentes puede estar seguido por una absorción preferencial de la glucosa frente a la fructosa lo que indicaría una mayor utilización de la glucosa.

3.1.3.- EVOLUCION

A partir de la floración y después de la fecundación la migración glucídica es continua, así durante el periodo de maduración de la uva se produce una acumulación de hexosas, fundamentalmente glucosa y fructosa. A partir del momento del envero, una vez detenido el crecimiento vegetativo de la planta, la baya deja de ser un órgano principal de síntesis para pasar a ser fundamentalmente un órgano acumulador de todas las migraciones glucídicas procedentes tanto de las reservas acumuladas por la cepa como de la fotosíntesis actual de las hojas además del mecanismo de transformación de ácido málico a glucosa (Mullins y col., 1992). Los azúcares se acumulan rápidamente en el grano de la uva que madura, llegando a pasar de valores de 1% en la uva verde al 20% en la madura.

A partir del envero las migraciones de los azúcares se dan de forma importante aumentando mucho durante este periodo incluso más que el propio engorde del grano. Una vez alcanzada la madurez va a disminuir la velocidad de migración debido al envejecimiento de los vasos libero-leñosos que comunican con el grano, si bien esto no sólo afecta a la fracción glucídica sino a todos los metabolitos que acceden a la baya durante la maduración. El posible enriquecimiento posterior de azúcares se debe a un proceso de sobremaduración, debido fundamentalmente a procesos de evaporación de agua por parte de las bayas (Ribéreau-Gayon y col., 1975).

Coombe (1992) realizó unos estudios sobre la acumulación de solutos en la baya, observando que se produce un continuo aumento de la cantidad de agua y de hexosas ó materia seca a lo largo del proceso de maduración de la baya, y comprueba que ese cambio ocurre en la pulpa y en el hollejo pero no en el pedicelo. El aumento de la concentración de las hexosas que ocurre en el pericarpio, se produce de un modo tal que una vez disparado el proceso no va a cesar (Figura 11); además, esa regularidad en el aumento de la concentración ocurre a pesar del aumento de la cantidad de agua por baya. Estos resultados muestran que el incremento en la cantidad de azúcar llega a alcanzar al incremento de agua a lo largo del tiempo, para producir un constante crecimiento en la concentración hasta llegar a cifras finales de °Brix comprendidas normalmente entre 18-24%. La tasa de azúcares presentes en las bayas herbáceas se multiplica por seis o siete después del momento del envero.

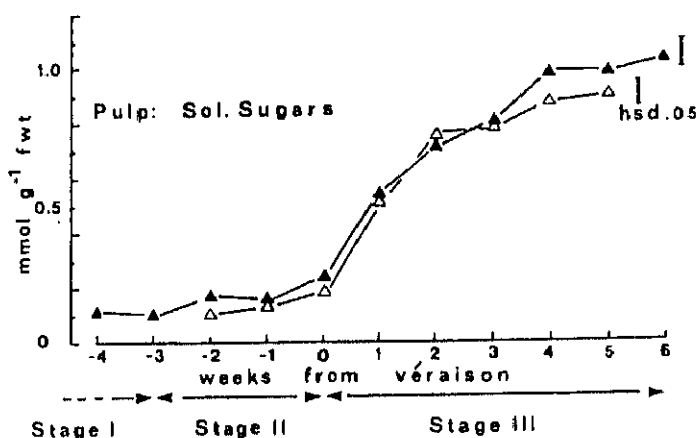


Figura 11.- Evolución de la concentración de azúcares totales (mmol/g de peso de baya) en el mosto de bayas de la variedad Shiraz, a lo largo de los tres estados de crecimiento de la baya, muestreadas en dos zonas diferentes de la misma localidad (Pirie y Mullins, 1980).

La pendiente de ese crecimiento va a variar en función del cultivar, el tamaño de baya, la cantidad de producción y el tiempo; a continuación se producirá una estabilización que dependerá de los mismos factores anteriores. Una posterior elevación en el valor del °Brix se asocia generalmente a una pérdida de agua de las bayas sin variar el peso de los solutos por baya, aunque existen datos de ganancia de solutos sin variar la cantidad de agua. En cambio, un descenso en °Brix puede ser debido a un aumento del agua, bien por riego o por lluvias, o a un descenso en los solutos por procesos de respiración o transporte.

La explicación a la acumulación tan rápida (Figura 12) es difícil de comprender, al principio de la evolución esas sustancias nutritivas se utilizan fundamentalmente para la formación y crecimiento del grano, pero después de la madurez fisiológica de las pepitas continúa la llegada de azúcares, favoreciendo que ese exceso de glúcidos se almacenen en la parte carnosa del fruto.

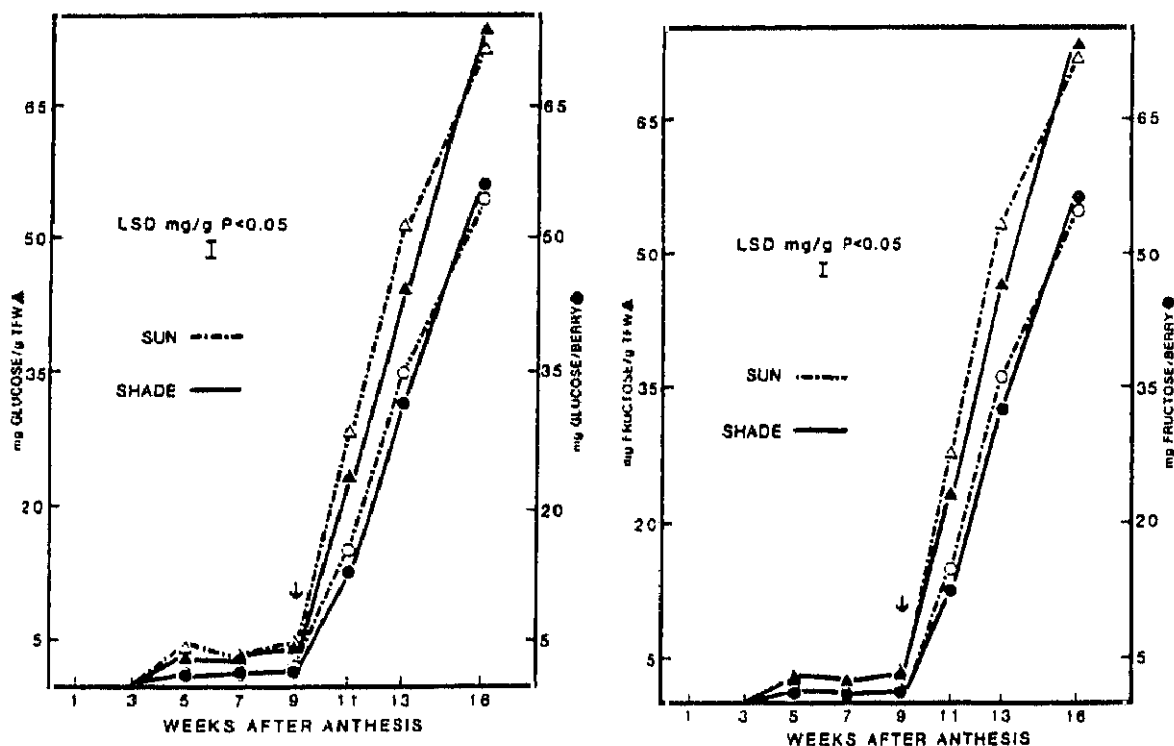


Figura 12.- Evolución de la concentración de glucosa y fructosa en el mosto de bayas de la variedad Cabernet Sauvignon a lo largo del proceso de maduración (Crippen y Morrison, 1986).

Durante la fase herbácea la glucosa es el azúcar mayoritario en todas las partes de la planta, excepto en las raíces, si bien a medida que se produce la maduración de las diferentes partes de la cepa la sacarosa llega a ser el azúcar predominante en todas ellas excepto en los pedicelos y en las bayas donde se acumulan grandes cantidades de glucosa y fructosa que oscilan entre 50-100 g/L respectivamente (Kliwer, 1966). Esa glucosa y fructosa de las bayas se cree que proceden de la hidrólisis de la sacarosa, pero si ese fuese el caso la relación glucosa/fructosa debería ser igual a la unidad, y este autor ha comprobado que el valor de esa relación es uno en

todos los estados de desarrollo de la baya excepto en la fase herbácea, y en todas las partes de la cepa excepto en la corteza y los zarcillos.

Hay que tener en cuenta que la sacarosa es el azúcar translocado mayoritariamente en las cepas, pero en la baya son la glucosa y la fructosa los que constituyen el contenido mayoritario de azúcar en todos los estados de desarrollo (Kliewer, 1965a). Durante los estados iniciales de desarrollo de la bayas el contenido total de azúcar es bajo y las concentraciones de glucosa son cinco veces mayores a las de la fructosa; al inicio de la maduración los dos azúcares aumentan rápidamente y pronto alcanzan concentraciones semejantes. Estas conclusiones (Kliewer, 1964) se obtuvieron gracias a estudios con $^{14}\text{CO}_2$ adicionado a hojas de la variedad Thompson Seedless que estaban próximas a racimos con bayas inmaduras, al extraer los monosacáridos de las bayas se encontró que el que estaba mayoritariamente marcado era la glucosa. Estos resultados sugieren que los cambios en el contenido de azúcares a lo largo de los distintos estadios de desarrollo, pueden estar asociados a cambios en los mecanismos de utilización de la sacarosa.

Si la sacarosa constituye la cantidad total de azúcar translocado de las hojas a los racimos, la relación glucosa/fructosa debería ser 1 inmediatamente después de la hidrólisis de la misma. Arnold (1965) identificó y purificó un enzima muy activo llamado invertasa capaz de hidrolizar la sacarosa en las bayas y proporcionar iguales cantidades de glucosa que de fructosa.

Se han estudiado los cambios de la concentración de la glucosa en relación a la fructosa a lo largo de la maduración, observando grandes variaciones desde el cuajado de las bayas hasta el momento de la vendimia (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Evolución de la glucosa y la fructosa durante el proceso de maduración de las bayas en la variedad Cabernet Franc (Ribéreau-Gayon, 1975).

Fechas	A. reductores (g/L)	Glucosa (g/L)	Fructosa (g/L)	G/F
10/8	12,1	8,1	4,0	2,02
20/8	55	31,5	23,5	1,35
31/8	132	68,2	63,8	1,07
10/9	179	88,5	90,5	0,98
20/9	192	93,6	98,4	0,95
30/9	210	101	109	0,93

Por tanto la relación glucosa/fructosa (G/F) va a ir disminuyendo durante el proceso de maduración desde aproximadamente 1 hasta 0,95 que es un valor característico de los frutos de *Vitis vinifera* L. Amerine y Thoukis (1958) y Kliewer (1967) encontraron que la relación G/F dependía de la variedad y las diferencias estacionales; Kliewer lo confirmó en 78 cepas cultivadas en California (EE.UU.) obteniendo un término medio de esta relación en vendimia de 0,91.

Kliewer (1966) no ha demostrado experimentalmente porqué la relación glucosa/fructosa era 1 en todos los estados de crecimiento de la baya excepto en la fase herbácea que tiene valores superiores a la unidad, al predominar la glucosa. Existen varias explicaciones al hecho de que en la fase herbácea exista mayor proporción de glucosa que de fructosa, si bien no han sido demostradas experimentalmente: hidrólisis de las reservas de almidón a glucosa, conversión de la fructosa en glucosa, o metabolización preferencial en ese momento de la fructosa. Sin embargo al final del proceso de maduración la cantidad de glucosa es ligeramente inferior que la de fructosa, y sobre todo en procesos de sobremaduración predomina la fructosa.

Varias hipótesis se han postulado para explicar la observación de que la fructosa y la glucosa no se encuentran generalmente en las mismas cantidades en la fase de maduración (Kliewer, 1967):

-Conversión de la glucosa en fructosa: esta teoría considera la presencia de un sistema enzimático que actúa sobre la glucosa y tiene el sorbitol como intermediario. En el tejido animal se han encontrado esos enzimas (isomerasas) que catalizan la reacción en presencia del coenzima NAD, además también se localizan en la corteza y las hojas de varias plantas leñosas. Se cree que el sorbitol y algunos azúcares-alcoholes participarían activamente en la translocación de carbohidratos (Blakeley, 1951; Hers, 1956). Kliewer (datos sin publicar) ha identificado sorbitol en la corteza de las cepas y se estudia su presencia en las bayas, lo que explicaría así esa isomerización. Esta teoría parece ser la más adecuada.

-Metabolización preferencial de la glucosa: esa mayor cantidad de fructosa sería debido a la utilización por parte de la baya de forma prioritaria de la glucosa por la ruta del ciclo de las pentosas, ya que es un sustrato fisiológicamente más sensible a la respiración celular y se consume antes tanto en los vasos libero-leñosos después de la hidrólisis de la sacarosa, como en la propia uva. Así una continua translocación de la sacarosa al racimo aumentaría la cantidad de fructosa.

-Utilización preferente de la glucosa por los microorganismos presentes en la fruta, aunque esta es poco probable al no haber encontrado crecimiento de mohos, bacterias o levaduras.

3.1.4.- FACTORES QUE AFECTAN A LA EVOLUCION DE LOS AZUCARES

Smart (1985) advierte que factores como el tipo de suelo, el clima y las prácticas de cultivo (geometría de la viña) van a tener efectos directos, y también alteraciones en el microclima del canopy, pudiendo así afectar indirectamente a la fisiología de la viña y a su vez a la composición de la fruta. Cambios en el vigor de la viña (capacidad de crecimiento) debidos a cambios en esos factores, pueden causar cambios en la cantidad de hojas y su distribución en el espacio provocando alteraciones que nos llevan a una modificación de la composición de la fruta y por tanto de su calidad.

Dentro de las prácticas de cultivo que van a influir en el desarrollo vegetativo de la planta y en la producción destacan entre otras el riego y el sistema de conducción y de poda elegidos (vaso ó espaldera por ejemplo), que van a dar una estructura a la planta con una superficie foliar capaz de captar la radiación solar y transformarla en energía química capaz de sintetizar los componentes que necesitan las células para su metabolismo. Es necesario que existan unas condiciones adecuadas de luz, temperatura, humedad, evaporación etc., alrededor de las cepas para que a través de la fisiología de la planta se produzca un equilibrio de componentes en la baya que originen un mosto de buena calidad.

3.1.4.1.- Riego

La vid necesita para asegurar el crecimiento de sus órganos vegetativos y fructíferos una alimentación suficiente de agua, aunque no excesiva, desde el desborre hasta el desarrollo total de las bayas. Esta reserva de agua se encuentra en el suelo a la salida del invierno constituyendo la reserva útil, que se complementa con las precipitaciones durante el periodo activo de la planta. Un sistema de riego adecuado a un viñedo repercutirá en el desarrollo vegetativo, en el rendimiento de mosto, y en la calidad de sus racimos y vinos.

Según Ballatore y col. (1970) el retraso en la acumulación de azúcares asociado a un riego por goteo es el resultado de dos tipos de efectos, directos e indirectos:

-Efectos directos: son una consecuencia del aumento de la cantidad de agua en el interior de las bayas, del ablandamiento del pericarpio, y del aumento del turgor y deformabilidad de las bayas que favorece así el crecimiento de la mismas. Este resultado disminuye la relación hollejo/pulpa y diluye los sólidos solubles totales (Spiegel-Roy y Bravdo, 1964; Harris y col., 1968).

-Efectos indirectos: son una consecuencia del excesivo crecimiento vegetativo que provoca una competencia entre el crecimiento de los tallos y el de las bayas (Neja y col., 1977) además de un efecto de sombreado sobre los racimos debido a una excesiva área foliar (Smart, 1985).

El principal efecto del potencial hídrico de la baya sobre la producción y la calidad es indirectamente a través de su efecto en el crecimiento (Kliewer y Shultz, 1973; Smart y col., 1974; y Hepner y col., 1985), mientras que el efecto directo sobre esos mismos parámetros se expresa en términos como las relaciones entre el agua con la materia seca o la del hollejo/pulpa...

El riego va a aumentar el área foliar prolongando así la actividad fotosintética, de modo que los azúcares acumulados en las bayas se pueden tomar como un índice de actividad fotosintética de la planta. Un exceso de riego, especialmente en los terrenos con un elevado contenido en nitrógeno, puede provocar un aumento de la densidad del canopy y por tanto del sombreado de la fruta, empeorando su calidad (Kriedemann, 1977; Neja y col., 1977; Smart y Coombe, 1983; McCarthy y col., 1983). Mientras que el efecto contrario producido por la severidad del estrés hídrico aplicado a las cepas, puede afectar el ritmo de acumulación de los azúcares ya que disminuye la fotosíntesis.

Sin necesidad de extremar las condiciones de los distintos tratamientos, algunos estudios podrían explicar cómo el contenido de azúcar en las viñas regadas es mayor frente a las no regadas (Ballatore y col., 1970; Lombardo, 1973).

Contrariamente a los autores anteriores la mayoría de los estudios muestran cómo el riego aumenta el tamaño de las bayas y retrasa la acumulación de azúcar (Freeman, 1980; Kasimatis, 1977), ambos parámetros son considerados como factores que disminuyen la calidad del vino. Según Freeman y Kliewer (1983) la mayor competencia por los distintos solutos entre los tallos y las bayas de cepas regadas frente a las no regadas, puede explicar el lento aumento de los sólidos solubles totales en las primeras.

Freeman y col. (1980) muestran en sus experiencias que el riego retrasa la acumulación de azúcar en las viñas, comprobando que ese retraso no es directamente el resultado de una diferencia de producción.

Sus resultados demuestran la importancia de las condiciones atmosféricas en cuanto que afectan a la humedad de suelo. Estos autores consideran que el estrés no va a afectar mucho a la asimilación de CO_2 ni a la fotosíntesis a menos que se produzca una caída severa de las hojas. Si bien parece que el estrés reduce el alargamiento de las células limitando así el crecimiento vegetativo, el exceso de fotosíntesis se traduce en una acumulación más rápida de los azúcares en las bayas. Parece que las diferencias entre tratamientos ocurren en la fase II de desarrollo de la baya que es cuando los azúcares empiezan a acumularse, así el estrés hídrico podría favorecer el movimiento de azúcar a las bayas al inicio de la maduración (estado II). Ese movimiento de azúcares en ese momento, probablemente es controlado por hormonas cuya actividad se puede ver afectada por la falta de agua (Coombe, 1960).

Hardie y Considine (1976) trabajaron con bayas de la variedad Cabernet Franc, produciendo un estrés hídrico durante la fase I de crecimiento, reduciendo así el volumen de la baya pero no el contenido de los sólidos solubles totales, mientras que el estrés aplicado a partir del envero redujo los dos parámetros. Estos resultados se contradicen con los de la mayoría de los experimentos de campo donde la maduración se adelanta con el estrés hídrico.

El adelanto de la maduración por el estrés hídrico podría ser debido a efectos indirectos tales como la exposición directa a la luz solar que aumenta la temperatura de la baya con la consiguiente transpiración y concentración de los componentes (Kliewer, 1977; McCarthy, 1983), mientras que la fotosíntesis y la translocación no se cree que sean responsables del avance de la maduración ya que ambos procesos son perjudicados por el estrés hídrico, y en todo caso podría esperarse un retraso no un adelanto (Kriedemann, 1977).

Meriaux y col. (1979) vieron que bajo condiciones de sequía se necesitan mayores relaciones área foliar/fruta para adquirir máxima concentración de azúcar.

Matthews y Anderson (1988) observaron que el °Brix fue mayor en cepas con estrés hídrico aplicado antes del envero que después, porque se afectaba más al crecimiento de la baya que al metabolismo.

3.1.4.2.- Radiación solar y temperatura

Los efectos de la radiación en las distintas partes de la planta pueden influir de modo diferente en la composición de la baya. Así la luz sobre las hojas puede favorecer la fotosíntesis sin embargo si estas hojas están sometidas a estrés hídrico cerrarían sus estomas bajo la radiación y la fotosíntesis se reduciría. En el caso de la exposición de los racimos a la luz solar la consecuencia es un aumento de la temperatura de la baya que puede producir un aumento de la respiración celular y pérdida de agua.

Sepúlveda y Kliwer (1986) trabajando con dos variedades (Chenin Blanc y Chardonnay) observaron que la exposición de las viñas a un exceso de energía calorífica provoca un estrés que va a aumentar la concentración de los azúcares en algunas partes de las plantas, especialmente en las hojas donde el estrés incrementa los valores de sacarosa que pasan de 2,29 a 3,63% (sobre peso seco). Se estudian varias explicaciones a esa acumulación como son la falta de utilización de la misma por parte de las hojas, o que no se realiza el transporte hacia otras partes de la cepa, o bien a que la sacarosa no esté siendo hidrolizada debido a una inhibición del enzima invertasa a esas temperaturas. En el caso de las bayas de la variedad Chardonnay, el estrés provocado por el calor reduce la concentración de glucosa y fructosa en relación a las que no han sido sometidas a elevadas temperaturas, aumentando así el valor de la relación G/F (1,10 en el caso de las bayas calentadas y 1,07 las control).

Crippen y Morrison (1986) determinaron el efecto de la luz solar en los distintos componentes de las bayas. En sus experiencias observaron que los racimos que se encontraban sombreados estaban sometidos a un menor rango de temperaturas que los expuestos al sol, encontrando diferencias significativas en el contenido de los azúcares al expresarlos en % sobre peso fresco de la baya, pero no cuando lo expresaban por unidad de baya. Estas diferencias en la concentración de azúcares se producen por las diferencias del peso de la baya, ya que las bayas de racimos sombreados y hojas bien expuestas son más grandes y pesadas, debido a las temperaturas más bajas en la zona de la fruta sombreada que originan una menor transpiración.

El hecho de que la exposición de los frutos a la radiación solar antes del envero no afecte al °Brix es previsible, puesto que en los estados I y II de desarrollo la acumulación de azúcares es escasa (Winkler, 1974). Las cantidades de azúcares presentes (aproximadamente un 4%) proceden de la translocación desde las hojas, y fundamentalmente se usan para los procesos respiratorios o para el crecimiento de la baya, comprobando que la temperatura no parece tener efecto neto en estos procesos.

Hale y Buttrose (1974), vieron que las altas temperaturas durante la primera fase de crecimiento provocaban un tamaño de la baya menor debido al efecto directo de la temperatura sobre la elongación celular o por el estrés hídrico causado por dichas temperaturas, pudiendo repercutir en la concentración final de los distintos componentes. Sin embargo la exposición de los frutos a la radiación solar después del envero provoca que las bayas estén sometidas a elevadas temperaturas que aparentemente favorecen la translocación en un grado suficiente como para permitir altos °Brix que son característicos de estos tratamientos. Otra posible explicación es que las hojas próximas a los racimos expuestos realicen fotosíntesis activa y exporten más metabolitos a los racimos próximos.

Es importante los efectos del sombreado de hojas y racimos sobre la composición de las bayas que son probablemente una combinación de los efectos directos de la luz y de los indirectos de la temperatura, los dos no pueden separarse en un estudio de campo. Rojas-Lara y Morrison (1989) observaron que los cambios producidos en la composición de la baya debidos a un natural sombreado eran los mismos que los causados de forma artificial, así las cepas con las hojas a la sombra tienen un tamaño de baya menor que las que las tienen expuestas, lo mismo ocurre en aquellas cepas con los racimos a la sombra. Morrison y Noble (1990) informaron de un menor tamaño de las bayas en los dos tratamientos que suponen un sombreado de las bayas y las hojas, debido no tanto a temperaturas sino a un descenso en la fotosíntesis y el correspondiente transporte de carbohidratos desde las hojas sombreadas. Este hecho se apoya por el bajo contenido encontrado de sólidos solubles totales en las bayas sometidas a estos tratamientos (sombreados) y por previos informes (Kliewer, 1970; Klenert, 1975).

3.1.4.3.- Técnicas de control de la superficie foliar

Como las hojas tienen el mayor efecto sobre los constituyentes de las uvas, se han realizado numerosos estudios sobre ellas. Hunter y col. (1991) realizaron trabajos de defoliación parcial a diferentes tiempos, analizando su influencia en la composición de la uva; concretamente el mayor efecto de este ensayo es el aumento de la captación de luz por el resto de las hojas, favoreciéndose un microclima más luminoso para el resto de las hojas y pudiendo así aumentar la actividad fotosintética. Sin embargo el modelo de acumulación de los azúcares no se vio afectado.

Una exposición prolongada a la radiación solar y/o a las altas temperaturas tiene como consecuencia directa reducciones en el tamaño y peso de la baya que afectan directamente a las concentraciones de los distintos componentes solubles (Kliewer y Lider, 1968; Radler, 1965).

Bledsoe y col. (1988) comprobaron un aumento de los sólidos solubles totales por efecto de la parcial defoliación. Estos estudios se pueden explicar a través de distintas hipótesis como: aumento de la actividad fotosintética, cambios en el modo de movimiento de los asimilados, o aumentos en la temperatura de la baya. Hay que tener en cuenta que esta experiencia se realizó en climas fríos, con poca defoliación y exponiendo las bayas durante períodos cortos de tiempo a la radiación solar.

Zoecklein y col. (1992), constataron que la concentración de los sólidos solubles totales generalmente no se veía afectada después de un proceso de defoliación parcial, si bien observaron en sus ensayos tres casos de disminución del °Brix y uno de aumento en las cepas con defoliación frente a las control. Algunos autores (Bledsoe y col., 1988; Kliewer y Lider, 1968; Reynolds y col., 1986) han indicado que el aumento de la exposición de los racimos al sol, debido a defoliación o a una modificación en el sistema de conducción, pueden aumentar la concentración de los sólidos solubles totales, como consecuencia de un menor contenido de agua de la fruta expuesta, mientras que reducciones en el grado °Brix por esos procesos de defoliación son debidas a una insuficiente área foliar capaz de madurar toda la producción presente.

La acumulación de sólidos solubles totales en viñas que han sido despuntadas o selectivamente defoliadas se ha visto que es proporcional al área de hojas retenidas. Kliewer y Antcliff (1970) informan en sus experiencias de la disminución del °Brix en función de la severidad de defoliación y el tiempo en que se realice la misma. En general el retraso en esos procesos aumenta los efectos indeseables de acumulación de azúcares (Kliewer, 1970; Koblet y Perret, 1973; Peterson y Smart, 1975). El estudio de Reynolds y Wardle (1989) indica el pequeño efecto del tiempo y la severidad del despunte en el retraso de la maduración. Presumiblemente como el área foliar funcional eliminada era mayor con el retraso en el tiempo de aplicación, esa pérdida se compensó con una movilización de los carbohidratos de las zonas perennes de las cepas. Kliewer (1970) y Bledsoe y col. (1988) también correlacionaron positivamente el °Brix con el grado de defoliación.

Se han estudiado estas prácticas de defoliación y de eliminación de tallos anticipados sobre el °Brix. Reynolds y Wardle (1989), vieron que los efectos en °Brix no eran sólo dependientes de la mejora en el microclima luminoso en racimos y hojas y de la distribución de los carbohidratos al resto de los órganos, sino también de los efectos menos deseables de eliminación de superficie foliar activa.

Koblet (1976) manifestó que los vigorosos tallos anticipados podrían ser exportadores de carbohidratos a las bayas de los racimos, mientras que las hojas basales cesaban de exportar sacarosa en los últimos estadios de maduración de la fruta. Una parcial defoliación muestra una mejora en la fuerza por parte de los racimos como sumidero de las sustancias, mientras que la eliminación de tallos anticipados tiene un efecto menor en el aumento de °Brix que las viñas despuntadas a pesar de la reducción de la sombra dentro del canopy y la eliminación de posible competencia de otros órganos, ya que su eliminación podría disminuir los potenciales exportadores de carbohidratos.

3.2.- ACIDOS ORGANICOS Y PH

3.2.1.- GENERALIDADES

Las uvas contienen apreciables cantidades de ácidos orgánicos. Los mostos son así soluciones ácidas, principalmente de ácidos tartárico, málico y cítrico. Sin estos ácidos la comercialización de los mostos sería imposible ya que tendrían sabores y colores anormales y se alterarían fácilmente por ataque microbiano. Normalmente, la mitad o más de la acidez total de los mostos, es debida al ácido tartárico y a sus sales.

El ácido tartárico característico de la uva es el isómero D(+)-tartárico y por tanto del vino, fuera de la vid es poco frecuente en la naturaleza. El tartárico es el más fuerte de los ácidos presentes en las uvas y así tampona el pH a valores más bajos de lo que lo harían otros ácidos. Al ser el más fuerte de los presentes (pK_a), es el más disociado, y el que aumenta más la concentración de iones hidrógeno en el medio, a igualdad de concentración. El pH va a depender en gran medida de la concentración y del tipo de ácido que se trate. Esas propiedades son muy importantes en cuanto que influyen en los caracteres organolépticos del vino, y proporcionan una mayor resistencia al ataque bacteriano, favoreciendo la resistencia a enfermedades. Cuando la acidez de la uva es demasiado baja, es este ácido uno de los que se suele añadir, aunque valores elevados dan una cierta dureza al sabor.

El ácido málico natural en la uva, es el isómero de la serie L, el L(-)-málico. Es un ácido que abunda en el reino vegetal, y el principal de muchas frutas (Ribéreau-Gayon y col., 1975). El ácido málico es el más importante desde el punto de vista fisiológico, mientras que no es un factor

determinante del pH del mosto, y a diferencia del tartárico tampoco está íntimamente relacionado con la acidez total.

El ácido cítrico generalmente no es determinado por los enólogos debido a su pequeña cantidad. En las uvas existen otros ácidos en cantidades relativamente pequeñas como el fumárico, ascórbico, oxalacético, pirúvico... (Amerine y Ough, 1988).

Los ácidos málico, tartárico, y sus sales ácidas, suponen generalmente un 90% o más de la acidez de las bayas (Amerine, 1956; DuPlessis, 1968; Hardy, 1968). Junto con esos dos ácidos, la glucosa y la fructosa, van a formar los cuatro constituyentes solubles mayoritarios en las bayas.

Sus concentraciones finales van a variar entre 3-10 g/L (expresado en ácido sulfúrico) aunque esas cifras están en función de distintos factores agronómicos y que inciden en la acidez de los mostos y del vino:

- Variedad o cultivar
- Localización
- Efecto del año (condiciones climatológicas)

-Estados de madurez: una vendimia precoz conduce a mostos más ácidos, generalmente porque son más ricos en ácido málico (no ha dado tiempo a su degradación), en tartárico y pobres en potasio.

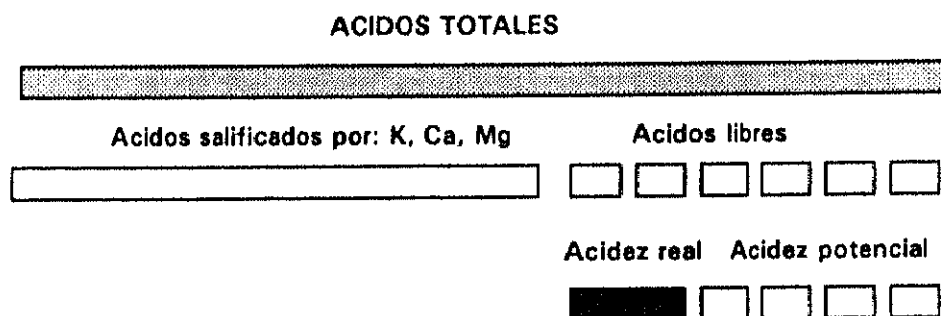
-Nivel de nutrición potásica y nitrogenada: todo lo que favorezca la alimentación del potasio va a salificar los ácidos presentes, provocando una disminución de la acidez. Ejemplo: las fuertes lluvias o riegos tardíos permiten una rápida absorción de potasio, sobre todo en los suelos bien nitrogenados. Cuando la fracción nitrogenada es abundante, en general, va a favorecer el vigor de las cepas y una mayor acumulación de málico en detrimento de tartárico, reemplazándose una parte del ácido más fuerte y más estable por otro más débil e inestable, haciendo que el pH aumente.

-Condiciones de cultivo: el aumento de la vegetación (debido al riego, por ejemplo) favorece el vigor y la nutrición potásica.

La acidez es debida a la presencia de H^+ liberados por ciertas moléculas: los ácidos. Las funciones ácidas libres están total o parcialmente ionizadas. Generalmente la proporción de funciones ácidas ionizadas en relación con el número de funciones ácidas libres es de un 1%, es decir, se trata de ácidos orgánicos débiles o relativamente débiles comparándolos con los ácidos minerales. Se estima que una molécula de tartárico (diácido) libera $1H^+$, el málico libera $1/3 H^+$ y

el láctico de 1/6 a 1/7 de H^+ ; el tartárico es por tanto un ácido más fuerte. Estos ácidos son parcialmente neutralizados por el K^+ , que es el principal catión de la baya y por otra parte por el Ca^{2+} y el Mg^{2+} . Los ácidos totalmente neutralizados no van a participar en el valor de la acidez.

Para expresar la acidez se usan dos valores: el pH y la acidez de valoración (Figura 13). El pH indica la % de protones libres y se mide gracias a un pH-metro. La "acidez de valoración" o "total" corresponde a la suma de la "acidez real" (que es pequeña) y la "acidez potencial", es decir, la suma de los protones presentes y los ionizables. La "acidez total" de una solución da solamente la suma de los ácidos libres sin tener en cuenta su fuerza, por lo que no queda bien definida la acidez. Por el contrario, la "acidez real" o concentración de hidrogeniones, expresada por el pH, relaciona a la vez la fuerza y la cantidad de los ácidos presentes. Para una misma acidez total, la acidez tartárica es mayor que la málica, lo que significa que el pH de la solución de tartárico es más bajo.



Acidez de valoración (o total)=Acidez real (protones) +Acidez potencial (no ionizados)

Figura 13.- Equilibrio entre los ácidos y los cationes en el mosto de uva (Champagnol, 1993).

La mayor parte de las propiedades del mosto y vino y de los fenómenos que en él ocurren dependen de su acidez. El sabor ácido está condicionado por la abundancia de protones, es decir, por la acidez real indicada por el pH-metro. Así para una misma acidez de valoración, el sabor ácido será tanto más fuerte cuando la proporción de tartárico sea mayor. En esta acidez de degustación va a influir también la proporción de ácidos que estén salificados, es por tanto el resultado del equilibrio entre ácidos y cationes.

Boulton (1980) estudió las relaciones entre la acidez total o de titulación y el pH en el tejido de la uva. Este autor observó que la diferencia entre el número de protones esperados en

función de los aniones ácidos presentes, y los encontrados en la valoración, eran exactamente iguales al número de cationes metálicos monovalentes del tejido.

$$\text{H}^+ \text{ esperados según los aniones orgánicos ácidos} = \text{H}^+ \text{ medidos por valoración} + \text{cationes metálicos monovalentes}$$

En dicho trabajo se propone que en general el potasio y otros cationes metálicos monovalentes son absorbidos por la cepa y van a entrar en el tejido del racimo y de la uva a través de un intercambio estequiométrico con los hidrogeniones que derivan de los ácidos propios de la planta. La absorción y acumulación de estos iones en la fruta va a implicar una serie de intercambios, cada uno asociado con movimientos a través de las membranas celulares. En este proceso, el equilibrio de cargas se mantiene, pero tanto el pH como la acidez total de la savia celular se modifica. Los elementos minerales sólo se pueden transportar a través de las membranas celulares por uno de estos cuatro mecanismos: difusión activa o pasiva, transporte activo e intercambio enzimático. Si los minerales entran por cualquiera de los tres primeros mecanismos, los protones de los ácidos se retendrían y se recuperarían totalmente en la valoración a punto final adecuado. Esos protones valorables serían iguales a los esperados por las concentraciones de los aniones ácidos, pero eso no ocurre. Se ha observado que sólo se encuentran el 68% de los H^+ esperados, el resto se cree que son intercambiados a través de la membrana de las células por iones como el potasio y el sodio. Ese intercambio se pensó por tanto que iba acompañado por un enzima unido a la membrana con una fuerte preferencia por el potasio sobre otros cationes metálicos monovalentes.

Existen evidencias de estos mecanismos enzimáticos gracias al estudio de la absorción de las sustancias minerales por las raíces (Leonard y Hanson, 1972) y de ciertos microorganismos (Rothstein, 1972).

El último término de la ecuación de Boulton (1980) representa los protones propuestos por ese intercambio. El pH del mosto es el resultado de un equilibrio entre los protones de la disociación y los protones que se han eliminado por los cationes.

Las características ácidas de las uvas maduras son un criterio de calidad. Los ácidos contribuyen organolépticamente a la aceptabilidad de la uva fresca y a la calidad de un vino o jugo de uva. Para vinificación se prefiere un mosto de pH bajo, y así la selección de uvas frescas se hace en función de la acidez total y del pH, que son las medidas habituales. El valor final del

pH del mosto de las bayas depende de la acidez total, de las concentraciones relativas de los distintos ácidos orgánicos (relación: málico/tartárico), y de sus sales ácidas, fundamentalmente de potasio, que es el catión mayoritario (Peynaud y Ribéreau-Gayon, 1971; Winkler y col., 1974). Los valores de acidez total en el mosto de uva suelen estar comprendidos entre 3,5 y 7,5 g/L (expresados en ácido tartárico), mientras que los valores de pH oscilan entre 3,1 y 3,6.

La acidez del vino será importante, según que el mosto de origen sea rico en ácidos. pobre en potasio, y que la relación tartárico/málico sea elevada, este índice en el mosto es un buen criterio de apreciación del potencial ácido de la vendimia. Ribéreau-Gayon (1965-1970) muestran valores diferentes para esta relación según que el momento sea el envero (0,79-0,90) o la madurez (1,33-3,19); Kliewer (1967) examinó 26 especies de *Vitis* en el momento de la madurez observando valores de esta relación comprendidos entre 0,24 y 5,85.

En cambio existen unas condiciones que no son las más adecuadas para una buena vinificación. Las uvas con altos niveles de potasio, pueden tener elevada acidez total y pH, la mayor acidez puede ser por el alto valor de málico y el alto pH se relaciona con un alto nivel de potasio y de mayor proporción de málico que de tartárico, ya que éste es más fuerte (pK_a y produce un menor pH).

La acidez del mosto (Champagnol, 1986) es debida principalmente a dos ácidos orgánicos: tartárico y málico. Así el mosto en el envero tiene una acidez elevada ($pH=2,3-2,9$) con una concentración de ácido málico comprendida entre 200-400 meq/L, y la de tartárico entre 100-200 meq/L; mientras que el resto de los ácidos orgánicos, sobre todo el cítrico, y los ácidos minerales son poco abundantes. El mosto al llegar a la madurez alcanza valores de $pH=3,2-4,0$ estando las concentraciones de ácido tartárico comprendidas entre 80-120 meq/L y las del málico entre 10-40 meq/L. Por tanto a lo largo de la maduración se observa una disminución de la acidez total y un aumento del pH (Figura 14).

Los valores más comunes que alcanzan estos ácidos a lo largo de la maduración vienen expresados en los siguientes Cuadros 3 y 4.

Cuadro 3.- Cantidades medias de tartárico y málico (meq/L) en el mosto a lo largo de los años (Ribéreau-Gayon, 1965-1970).

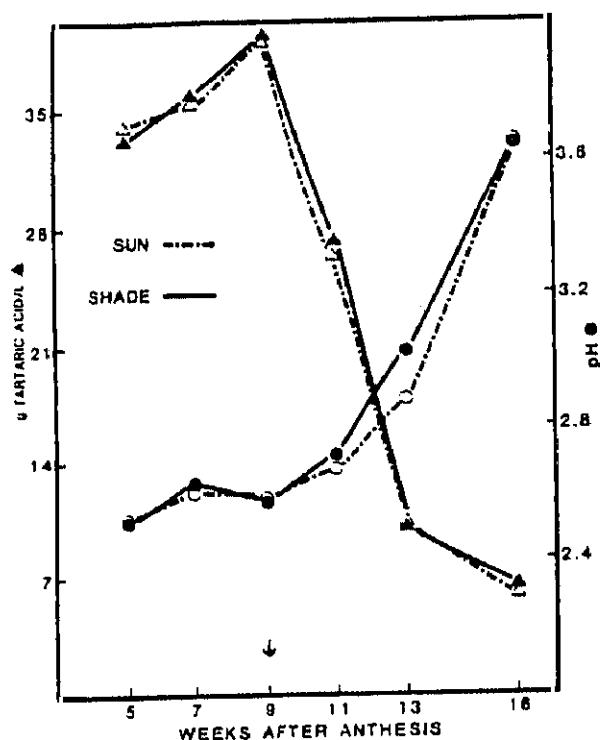
Años	Envero			Madurez		
	Tartárico	Málico	Tart./Mál.	Tartárico	Málico	Tart./Mál.
1965	164	207	0,79	109	82	1,33
1966	156	197	0,79	117	44	2,66
1967	176	202	0,87	102	32	3,19
1968	151	206	0,73	104	73	1,42
1969	183	203	0,90	132	55	2,40
1970	153	186	0,82	103	34	3,01

Cuadro 4.- Valores de acidez total, tartárico, málico y pH encontrados en variedades de Vitis en el momento del envero y la maduración (a: Ribéreau-Gayon y Peynaud, 1952; b: Ferré (1934), en Bourgogne; c: Kliewer (1967); d: Boulbas, Bourseix y Guiraud (1971).

Variedad	Acidez total (g/L)	Tartárico (g/L)	Málico (g/L)	pH
	*E-M	*E-M	*E-M	*E-M
Merlot	27,0-7,8	18,5-7,1	17,8-2,1	2,3-3,5
Cabernet Sauvignon	26,7-8,1	18,5-8,1	18,7-3,3	2,4-3,4
Malbec	28,3-11,6	10,4-10,9	18,6-5,4	-
Pinot noir	13,2-7,5			
26 especies de Vitis	28,5-3,5	11,9-3,0	27,2-1,3	2,8-4,4
Sultanina		16,7-8,6	22,5-0,3	
Gora Chirine		2,7-1,4	0,9-0,6	

* E-M : Envero-Madurez (Vendimia)

Figura 14.- Evolución de la acidez total (valoración a un pH final de 8,2 y expresada en g/L de ácido tartárico,) y pH a lo largo de la maduración, determinados en el mosto de racimos expuestos a la luz y sombreados (Crippen y Morrison, 1986).



3.2.2.- BIOSINTESIS Y DEGRADACION

La síntesis y metabolismo de los ácidos orgánicos y azúcares en las plantas, es un proceso complejo que requiere numerosos sistemas enzimáticos, estos enzimas tienen distintos óptimos de temperatura, y por tanto distinta actividad.

El análisis cuantitativo de la fracción ácida de *Vitis vinifera* L., muestra que el tartárico y el málico representan los ácidos mayoritarios en todas las partes de la cepa, salvo en la raíz; mientras que el cítrico forma parte del 30-40% de la acidez total en las raíces, y menos del 2% de la acidez total en el resto de las partes de la cepa.

La constitución de la baya es muy heterogénea desde el punto de vista de la acidez, así la concentración de ácidos libres en la baya madura, aumenta desde la periferia al interior del grano, mientras que cuando la uva está verde es al contrario (Ribéreau-Gayon y col., 1975).

Además de las diferencias entre los modelos de acumulación de los ácidos tartárico y málico en las bayas y hojas, los dos ácidos tienen básicamente diferentes rutas biosintéticas y

metabólicas; y pese a la semejanza en su estructura, estas rutas metabólicas no parecen estar relacionadas. Después de suministrar $^{14}\text{CO}_2$ bajo distintas condiciones de asimilación, las diferencias de tartárico y málico radioactivo muestran una fuerte evidencia de que los dos ácidos no están relacionados metabólicamente; así el málico es la principal sustancia radioactiva que aparece en las bayas después de la fijación del $^{14}\text{CO}_2$, tanto en la oscuridad como en condiciones diurnas (Stafford y Loewus, 1958), mientras que el tartárico no incorpora de forma inmediata ningún ^{14}C del dióxido de carbono radioactivo en la oscuridad ni en condiciones fotosintéticas, y sólo después de un largo periodo de tiempo y en muy baja cantidad se detecta radioactividad, por lo tanto se considera como un producto secundario.

Se pensó que esos ácidos eran únicamente sintetizados en las hojas y transportados al interior de las bayas. Sin embargo, Hale (1962) demostró al administrar directamente $^{14}\text{CO}_2$ a los racimos, que las bayas pueden ser un lugar para la síntesis de estos compuestos ya que encontró un alto porcentaje de ácidos orgánicos marcados, si bien las uvas van a depender fundamentalmente de las sustancias que le llegan, ya que tienen un potencial fotosintético bajo; en este sentido se comprobó que la uva es incapaz de madurar una vez que se ha arrancado de la planta (Peynaud y Ribéreau-Gayon, 1971).

Parece que los dos ácidos dicarboxílicos, bajo condiciones fisiológicas normales, no son únicamente translocados desde las hojas a las bayas, sino que son sintetizados localmente a partir de precursores como los carbohidratos, ya que una migración tan intensa es difícil de explicar. Esto se comprobó al inyectar ^{14}C en las hojas y no encontrar en un periodo corto de tiempo carbono radioactivo en las bayas (Ruffner, 1973). Se cree por tanto que la sacarosa más que los ácidos dicarboxílicos, es el principal componente translocado por los tallos de la cepa y que es transportada desde las hojas a las bayas en desarrollo, donde se produce el ácido málico y posteriormente se almacena en el mesocarpio. Este tejido, que representa la pulpa de la baya, consiste en contenedores de reserva, adaptados para secuestrar componentes importados de la periferia.

En algunos experimentos se observó, después de la administración de $^{14}\text{CO}_2$ a las hojas, que los dos ácidos tenían radioactividad, si bien en el málico aparecía más rápidamente. En este caso el marcaje de los ácidos de las bayas es mayor cuando se utilizan las hojas de cepas con bayas herbáceas que con bayas próximas a la maduración (Hardy, 1967). En estos ensayos no está claro si los ácidos marcados encontrados en las bayas, son translocados desde las hojas o se

forman a partir de la sacarosa que llega a la baya, conclusión igual a la que se llega en el experimento realizado por Ruffner (1973).

Por tanto se considera que los cambios en las concentraciones de los ácidos y azúcares, a lo largo de los distintos estados de desarrollo de la baya, pueden ser debidos tanto a cambios en la composición de los componentes translocados, como a cambios en el metabolismo de la sacarosa que migra a la baya.

Las rutas metabólicas de cada ácido se analizan de forma independiente:

3.2.2.1.- D(+)Tartárico

Esta sustancia cuantitativamente es la más importante dentro de los ácidos, tanto en las hojas como en las bayas de *Vitis vinifera* L., siendo la uva el único fruto europeo que contiene ácido tartárico en esa proporción. Para analizar la biosíntesis y degradación de este ácido, se han hecho estudios con marcadores radioactivos, tanto en las hojas como en las bayas.

A) Biosíntesis

Hale (1962), postuló que la biosíntesis o al menos su acumulación, tanto en las hojas como en las bayas puede estar relacionada de algún modo con el metabolismo de crecimiento.

En el caso de las hojas, se vio que sólo las hojas de un tamaño determinado y en un estado de crecimiento, eran capaces de sintetizar tartárico a un ritmo adecuado (Kliewer, 1966). Cuando las hojas alcanzan aproximadamente la mitad de su tamaño final, la concentración de este ácido no va a variar mucho. Este hecho lo comprobaron (Kliewer y Nassar, 1966) al inyectar $^{14}\text{CO}_2$ en hojas jóvenes y adultas, en el primer caso más de la mitad de la fracción ácida se encontró en forma de tartárico, mientras que en el segundo caso sólo se encontró entre el 2-12% (el resto estaba en forma de málico).

Según Kriedemann (1977) las hojas jóvenes son más productoras de ácidos orgánicos, como el ácido tartárico, mientras que las adultas producen mayores cantidades de azúcares.

La baya herbácea también es un lugar de biosíntesis de los ácidos, si bien la intensidad de formación del tartárico disminuye mucho a partir del envero, mientras que no ocurre lo mismo con el málico.

Las rutas que se han estudiado son principalmente a partir de la glucosa con distintas ramificaciones:

Fischer (1896) mostró que los átomos de carbono 2 y 3 del ácido tartárico tienen la misma configuración estérica que la D(+)glucosa. La primera ruta de biosíntesis que se sugirió fue la del azúcar como un posible precursor de este ácido, y aunque esta hipótesis se basó en consideraciones estequiométricas relativas a los carbonos 1 y 4 de la glucosa, y a semejanzas en la configuración de los átomos de carbono del ácido D(+)tartárico, datos experimentales posteriores comprobaron que la glucosa es el metabolito precursor del ácido D(+)tartárico en la uva (Ribéreau-Gayon, 1963).

Ribéreau-Gayon (1968) informó que en las bayas la glucosa-1- ^{14}C se transforma más fácilmente en ácido tartárico que la glucosa-6- ^{14}C , con lo que se dedujo que el ^{14}C -1 de la molécula de glucosa es dos veces más efectivo en transmitirse al carbono carboxílico del ácido tartárico bajo condiciones fotosintéticas que el ^{14}C -6, mientras que en la oscuridad no se produce incorporación del radiocarbono de la glucosa-6- ^{14}C al tartárico.

Se puede interpretar la síntesis del tartárico a partir de la ruptura de la molécula de glucosa entre los átomos 4 y 5 (Figura 15). La glucosa pasaría primero por oxidación al ácido glucónico, en su forma fosforilada, luego al ácido ceto-5-glucónico (este compuesto no se aisló), y por posterior oxidación se llega hasta el ácido D(+)tartárico (Okamoto, 1963). Estos procesos indican que la síntesis del ácido D(+)tartárico a partir de la glucosa está en relación con el funcionamiento del ciclo de las pentosas, que es particularmente activo en los órganos jóvenes.

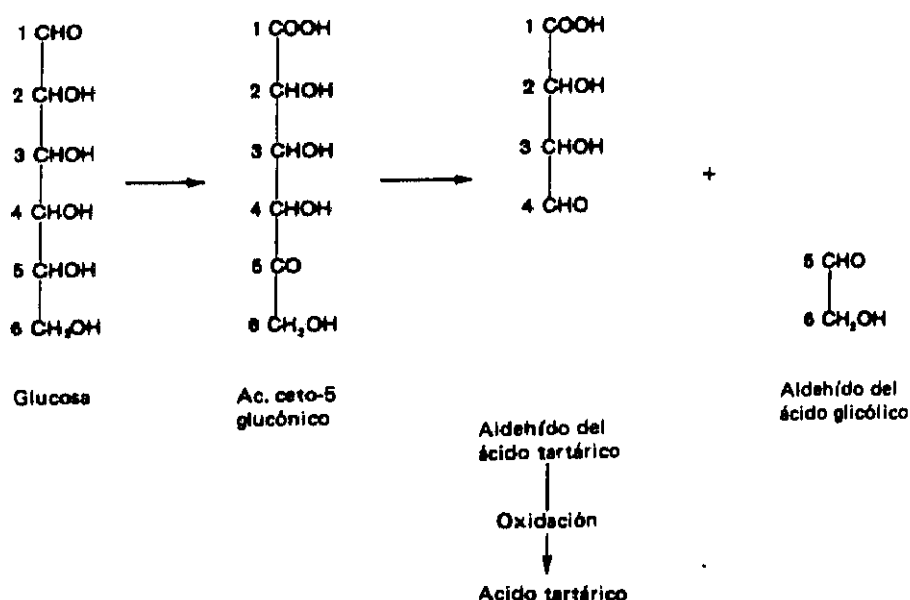


Figura 15.- Formación del tartárico a partir de la glucosa (Ribéreau-Gayon, 1975).

Algunos trabajos de Peynaud (1947) mostraron la presencia de L(-)tartárico en la viña pero en pequeñísima cantidad, posteriormente Maroc (1967), estudiando con hojas de *Pelargonium*, propuso un modelo diferente de síntesis que originaría la formación del ácido L(-)tartárico. En este caso la glucosa-6- ^{14}C , y bajo condiciones fotosintéticas también la gluconato-6- ^{14}C , son más efectivos en transmitir esa radioactividad al tartárico que la glucosa-1- ^{14}C : de modo que la molécula de glucosa se rompería entre el C-2 y C-3 y sería la molécula $\text{C}_3\text{-C}_6$ la que formaría parte del ácido tartárico.

Según Hardy (1967) la baja radioactividad del tartárico encontrada en las bayas maduras tratadas con ácido ^{14}C -L(-) málico, pudo ser probablemente por una previa conversión del málico en azúcar.

Se cree que en *Vitis* son posibles dos rutas de síntesis del D(+)tartárico a partir de la glucosa, bien manteniendo la estructura original de la glucosa (el C-1 de la glucosa pasa al C-1 del D(+)tartárico) o invirtiendo el esqueleto de modo similar a lo que ocurre en la biosíntesis del ascórbico en los animales.

Saito y Kasai (1969), mostraron que el ácido L-ascórbico-1- ^{14}C es un precursor del tartárico en las bayas de uva, alcanzando niveles de transformación del 70% en las primeras 24 horas, mientras que trabajos anteriores con L-ascórbico-6- ^{14}C administrado a hojas de vid no produjeron tartárico (Stafford y Loewus, 1958). Ruffner y Rast (1974) realizaron estudios adicionales con ascórbico radioactivo añadido a homogeneizado de hojas, obteniendo tartárico y un compuesto con dos átomos de carbono radioactivos, indicando que existía un paso no enzimático. La administración de ácido ascórbico radioactivo ha mostrado que se produce una ruptura entre los átomos de carbono 5 y 6, y una incorporación de un 95% de la radioactividad en los grupos carboxílicos del tartárico.

De las dos rutas que sigue la glucosa hasta el tartárico, una pasa por el ascórbico como intermediario y otra no. Saito y Loewus (1979) intentaron estudiar la vía mayoritaria en las bayas, comprobando que en condiciones de fotosíntesis es por la ruta del ascórbico, si bien en la oscuridad o cuando se aumenta la concentración de ascórbico en el medio es por la otra ruta.

Por tanto la síntesis del tartárico sigue la vía del gluconato-glucono-lactona-ascórbico o a través de un intermediario como es el ácido pretárico (1,2-dihidroximetil hidrógeno L(+)tartárico) que fue aislado por Kotera y col. (1972) y se demostró su presencia en la síntesis bacteriana del tartárico.

Se ha estudiado la síntesis del tartárico a partir de la transformación de compuestos aldurónicos. Se ha demostrado que el glucurónico y particularmente la glucurono-lactona, son buenos precursores del ácido tartárico en las uvas, alcanzando en el primer caso incorporaciones del 50% a las observadas después de administrar ^{14}C -gluconato, y en el segundo caso incluso supera en efectividad al gluconato. El hecho de que la glucosa-6- ^{14}C no transmita el radiocarbono al tartárico en la oscuridad (Ribéreau-Gayon, 1968), puede indicar que es el ácido galacturónico más que el glucurónico, el precursor aldurónico del tartárico, del mismo modo que fue propuesto como alternativa a la ruta del glucónico para la síntesis de ascórbico en las plantas (Isherwood y Mapson, 1962). El paso de glucosa a ácido galacturónico es una reacción dependiente de la luz, esto es lo que explicaría el fallo para formar tartárico a partir de glucosa-6- ^{14}C en la oscuridad mientras que sí es posible en presencia de luz.

Existe una relación entre el crecimiento de la planta y el comportamiento fisiológico de los ácidos tartárico y ascórbico, así como la biosíntesis de estos compuestos (Hale, 1962). Son sustancias similares y además proceden de una hexosa vía ácidos aldónicos y/o aldurónicos, esto apoya la teoría del ascórbico como precursor del tartárico.

Las vías citadas a partir del gluconato y de compuestos aldurónicos no son excluyentes, siempre que dispongan de los precursores adecuados, y parecen ser independientes de la luz.

Estudiando otras vías posibles Maroc-Gyr (1965) propuso el ^{14}C -glicolato como un activo precursor del ácido tartárico, al igual que la glucosa, tanto en los géneros *Vitis* como *Pelargonium*. Posteriormente se rechazó la hipótesis de la relación metabólica directa entre el glicolato, la glucosa y el tartárico, proponiendo el ácido oxaglicólico como intermediario. Por tanto el esquema metabólico de síntesis de tartárico propuesto por este autor suponía dos caminos, uno desde la glucosa que producía L(+)-tartárico y el segundo por condensación de dos moléculas de glicolato para formar el D(-) o meso tartrato vía el oxaglicolato.

B) Catabolismo

En los estudios de Kliewer (1964) se observa la proporción de $^{14}\text{CO}_2$ que es incorporada al ácido tartárico, indicando que el ritmo de síntesis de dicho ácido es mucho menor que el del ácido málico (aunque a medida que se aproxima la madurez de las uvas la proporción de tartárico es superior a la de málico), sin embargo una vez que ha sido incorporado el tartárico en la baya, su metabolización es muy lenta. Kliewer (1964) sugiere que el ácido tartárico se metaboliza

lentamente, bien por falta de un activo sistema enzimático capaz de metabolizar ese ácido, o por la presencia de una sustancia que impide la descomposición debido a una inhibición enzimática.

Saito y Kasai (1968) justifican sin embargo la acumulación del tartárico durante la madurez, por una conversión de éste a sal insoluble, almacenándose como formas cristalinas inertes que tienen una gran resistencia a la metabolización por los sistemas enzimáticos.

La eliminación del ácido tartárico puede ser por respiración celular del tejido de la baya, si bien este proceso en el interior de la baya y bajo esas condiciones así como su importancia fisiológica es cuestionada (Peynaud, 1958).

3.2.2.2.- L(-)-Málico

Se considera un activo metabolito intermediario en el metabolismo de la uva. Parece jugar un importante papel en reacciones anabólicas, tales como la fijación del $^{14}\text{CO}_2$ tanto en la oscuridad como en presencia de la luz, y también en los procesos catabólicos de los ácidos durante la maduración. De acuerdo con esta doble función fisiológica, este ácido se va a acumular en los tejidos jóvenes como los de las bayas herbáceas.

No parece necesario separar los mecanismos bioquímicos para el málico en la hoja y la baya, se cree que pueden seguir un mismo esquema. Se estudian por separado los mecanismos bioquímicos de biosíntesis y de degradación.

A) Biosíntesis

Se han estudiado distintos sistemas enzimáticos, no incluidos en el ciclo de Krebs, que están implicados en las rutas biosintéticas del málico y su acumulación en las bayas.

Sissakian y col. (1948) mostraron que la capacidad de las bayas para formar ácidos empezaba a disminuir desde el inicio de la maduración hasta la total madurez fisiológica.

Los mecanismos de formación del ácido málico más estudiados son:

a) Fijación del CO_2 (tanto en condiciones fotosintéticas como en la oscuridad).

El proceso es una β -carboxilación del ácido pirúvico, o de su derivado el fosfoenol-pirúvico, en condiciones no fotosintéticas, que conducen al ácido oxalacético como intermediario, y luego al málico (Figura 16), siendo el CO_2 fijado en la posición C4 del ácido málico, el que corresponde al átomo de carbono del grupo carboxílico. La reacción es tan rápida y completa que

no se aprecia nada de ácido oxalacético libre (Lakso y Kliever, 1978). El enzima responsable de esta síntesis es la fosfoenolpiruvato-carboxilasa, y su actividad se inhibe por la presencia de ácido málico, probablemente como un mecanismo de "feedback" evitando la acumulación excesiva en el citoplasma. Por tanto a partir del envero cuando las concentraciones de málico llegan al máximo se inicia una disminución de su actividad y una menor fijación en la oscuridad del dióxido de carbono. Esta reacción de Wood-Werkman es muy importante en la viña, sobre todo en la baya verde, por sintetizarse así una parte importante del málico que contienen.

Tanto en las hojas como en las uvas verdes, que son expuestas durante un tiempo a $^{14}\text{CO}_2$ y a la luz, se aíslan glúcidos radioactivos, estando en mayor proporción en las hojas que en las bayas. A diferencia de las hojas, las uvas verdes incorporan más rápido el $^{14}\text{CO}_2$ en el málico. y además de forma preferente en los ácidos frente a los glúcidos.

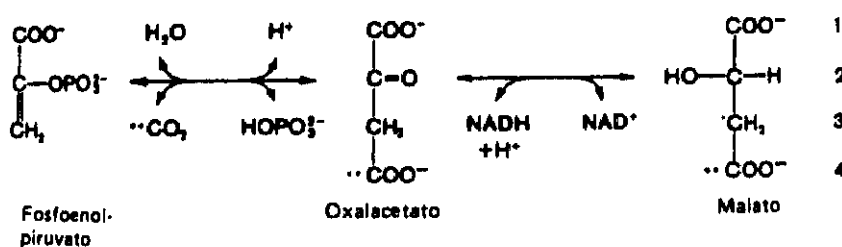


Figura 16.- Formación del ácido málico por fijación del anhídrido carbónico sobre el ácido fosfoenolpirúvico (Ribéreau-Gayon, 1975).

En el caso de las hojas, aunque la asimilación del CO_2 es fundamentalmente por fotosíntesis, en condiciones de oscuridad va a predominar el mecanismo de β -carboxilación del ácido pirúvico, observándose así por la noche en algunas plantas (crasuláceas) un aumento considerable de la acidez, de modo que existe una competencia entre los dos mecanismos de asimilación de CO_2 .

Por tanto se puede concluir que en condiciones diurnas, en las hojas, la asimilación del CO_2 es principalmente por fotosíntesis y se obtiene mayor proporción de glúcidos que de ácidos, mientras que en las bayas verdes (aunque también realizan la fotosíntesis) la fijación del CO_2 es principalmente para originar ácidos. La asimilación de CO_2 en la oscuridad, tanto en hojas como en bayas verdes, se realiza por el mecanismo alternativo al de fijación por fotosíntesis (β -

carboxilación), y origina en un 90% ácido málico; mientras que en las bayas maduras la incorporación de CO_2 no se produce.

No está indicada una correlación entre el aumento de ácido málico y la ausencia de luminosidad, sino que se ha observado incluso un aumento de acidez después de un proceso de iluminación. De acuerdo con esos resultados se cree que la ruta fotosintética de las hojas origina como productos iniciales ácido fosfoglicérico y hexosas mono y difosfatos, mientras que la incorporación de $^{14}\text{CO}_2$ al ácido málico en periodos de tiempo de corta duración señalan a este ácido como producto final o intermediario. Se ha intentado relacionar a la serina y al glicolato como posibles precursores en la síntesis del ácido málico pero no existe una evidencia clara, sin embargo no se puede descartar la relación por un lado entre los componentes de la fotorrespiración, y por otro de los compuestos glicolíticos.

b) Paso de glucosa a málico via glicolisis

En las hojas no hay una acumulación excesiva de los distintos componentes, probablemente porque los asimilados se translocan hacia órganos de acumulación, como es el caso de las bayas. De los estudios disponibles se sabe que las bayas carecen de enzimas capaces de sintetizar azúcares, y al parecer el azúcar importado se metaboliza a través de las rutas de la glicolisis y hexosa-monofosfato originando málico, como indica el málico radioactivo que aparece después de inyectar ^{14}C -sacarosa a las bayas verdes.

Después de la introducción de glucosa marcada en las hojas y bayas verdes, se observó que el ácido málico tenía una elevada radioactividad, así como el aspártico, lo cual indica que el oxalacético que es su precursor directo, es un intermediario en el paso de glucosa a málico (Figura 16). Por tanto la glucosa se degrada por la glucolisis hasta llegar al ácido fosfoenol-pirúvico, y éste por carboxilación origina el málico, siguiendo el proceso anterior de la β -carboxilación del ácido pirúvico o de su derivado.

La oxidación de carbohidratos a ácidos es una reacción que libera energía, y por eso el aumento de la producción de ácidos orgánicos se favorece a bajas temperaturas.

El proceso contrario se va a producir en la baya madura, y eso va a ser importante en la disminución de la acidez durante la maduración.

c) Paso del cítrico a ácido málico

El ácido cítrico procede de la oxidación de los glúcidos de reserva, tanto de las ramas como de las raíces. Debido a la proporción elevada del cítrico en las raíces, se supone que una vez formado allí se moviliza y se transporta hacia las partes aéreas, donde se oxida a málico por las reacciones del ciclo de Krebs, quedándose acumulado de esa forma en las hojas y en las bayas. La proporción del cítrico es mayor en los órganos donde es más difícil la llegada del oxígeno, que es el que lo destruye.

B) Catabolismo

Existe una diferencia entre las uvas verdes y las maduras en su capacidad de metabolizar el ácido málico. Según Kriedemann (1968), el málico se metaboliza más fácilmente en bayas maduras que en las herbáceas.

Mientras que el contenido de tartárico por baya permanece más o menos constante, debido a la falta de metabolización de éste, el ácido málico en las bayas va a disminuir tanto en concentración como en valor absoluto, ya que ese ácido se va a utilizar en la respiración, y en la conversión en azúcar (esto ocurre en menor proporción), y además se observa que la cantidad de ácidos translocados desde las hojas a las bayas se va a reducir.

El descenso neto en el contenido de la acidez durante la maduración, es causada por el descenso en málico (Ruffner y col., 1982a y 1983a). Esto se atribuye fundamentalmente a los sistemas enzimáticos que lo degradan como: el enzima málico (dependiente de NADP), la málico-deshidrogenasa y en menor proporción la fosfoenolpiruvato-carboxiquinasa (Figura 17).

Se han utilizado marcadores radioactivos para estudiar el metabolismo del ácido málico en la baya, en varios estados de desarrollo. Esos estudios (Ruffner y col., 1975) muestran que en las bayas inmaduras, el ácido málico (presumiblemente en la vacuola) está aislado de los enzimas degradativos, mientras que después del envero el ácido málico está disponible para la respiración y la gluconeogénesis. Sin embargo los mecanismos que disparan esos cambios metabólicos del envero no están totalmente aclarados.

Los procesos fundamentales que provocan disminución del ácido málico en las bayas son por falta de migración desde otras partes de la planta, y por degradación del mismo.

a) Disminución de la migración a las bayas desde las hojas

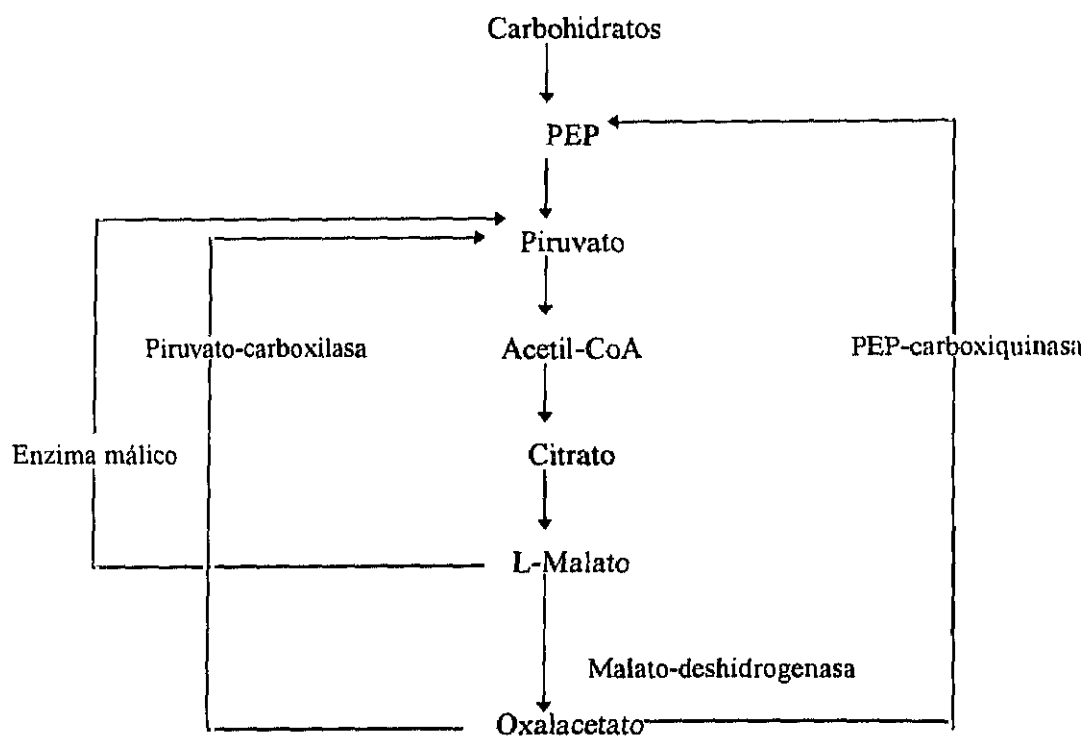
Se cree que el ácido málico acumulado en las hojas, aumenta su concentración en presencia de la luz, y desciende bajo condiciones donde prevalece la demanda energética sobre el

suministro de compuestos de 3 átomos de carbono para la β -carboxilación, presumiblemente el fosfoenolpiruvato.

b) Gluconeogénesis

La coincidencia, durante el proceso de maduración, de la desaparición de los ácidos y acumulación de azúcares, ha llevado a estudiar la posible relación metabólica entre estos sucesos contrarios. Se demostró que existe un flujo inverso de carbono, desde los ácidos a los azúcares, sin embargo la contribución de esa reacción gluconeogénica a la concentración de azúcar es más bien limitada. No se puede interpretar que el aumento de azúcares al final de la maduración sea debido a este proceso de transformación, ya que la uva madura contiene como promedio, entre 2-5 g/L de ácido málico en el mosto y de 150-250 g/L de glúcidos.

Figura 17.- Enzimas que participan en el metabolismo del ácido málico.



El proceso ocurre a través de la oxidación del málico a oxalacético (málico-deshidrogenasa), el cual se descarboxila en ácido pirúvico (fosfoenolpiruvato-carboxiquinasa), y

siguiendo el proceso inverso de la glicolisis se llega a producir hexosas. A través de reacciones anapleróticas se puede obtener piruvato a partir de ácido málico (enzima málico, dependiente del NADP), y éste posteriormente sigue la secuencia de la ruta de la gluconeogénesis o bien la respiración del piruvato resultante (ciclo de Krebs).

El málico es un ácido importante del ciclo de los ácidos tricarboxílicos, por eso se cree que el metabolismo principal puede ser por el enzima málico-deshidrogenasa que produce oxalacético. El oxalacético puede ser introducido otra vez en el ciclo de Krebs, o ser convertido en piruvato y participar en la síntesis de carbohidratos. También puede ser convertido en acetil-CoA y participar en el metabolismo de los ácidos grasos, o entrar en rutas que nos dirijan a la formación de metabolitos secundarios como los flavonoides.

Aunque se ha mostrado inequívocamente que la temperatura es el factor predominante que va a mediar la concentración del ácido málico en la madurez, no se ve relación directa entre los cambios de temperatura y la gluconeogénesis (Ruffner, 1982).

La acumulación de málico se ve favorecida por temperaturas relativamente frías más que por templadas, y por tanto por un control de las temperaturas que pueden afectar a los enzimas que participan en la biosíntesis y degradación del málico. El intervalo de temperaturas entre 10 y 20°C es el óptimo para el proceso gluconeogénico, ya que a esas temperaturas tanto la disponibilidad del sustrato como la actividad enzimática son elevados.

Lakso y Kliwer (1975) extrajeron enzimas como la fosfoenolpiruvato-carboxilasa y el enzima málico (más estable al calor) en bayas inmaduras. Ruffner y col. (1976) estudiaron las actividades de estos dos enzimas, y observaron que eran similares hasta el momento del envero, pero después del envero la actividad del enzima málico aumentaba, disminuyendo la del primero. Esto lo interpretó como que el ácido málico es metabolizado por el enzima málico a una velocidad independiente de la temperatura ambiente, y la relación de NADP y NADPH queda constante. La caracterización bioquímica del enzima málico de las uvas, manifestó una atípica dependencia de su actividad de los niveles de málico y no de la temperatura; así al existir elevada concentración de málico y con un pH ligeramente alcalino se dispara el proceso de descarboxilación de este ácido. El efecto contrario sucede con un aumento en la actividad de la ruta de las pentosas fosfato que reduciría la descarboxilación de este ácido. Las transformaciones gluconeogénicas del málico conllevan un flujo inverso de carbono de la glicolisis.

Al inicio de la maduración se ha descubierto un bajo ritmo de fijación del CO₂ y una caída en la actividad de la fosfoenolpiruvato-carboxilasa, en cambio la actividad de la

fosfoenolpiruvato-carboxiquinasa (enzima clave que inicializa la gluconeogénesis y cuya actividad no se ve afectada hasta que se superan temperaturas de 40-45°C según observaciones de Ruffner y Kliwer, 1975) simultáneamente aumenta tres veces.

Sin embargo, los resultados de Steffan y col. (1975) indican que el metabolismo del málico es mayor a 30°C que a 20°C. Por tanto las actividades de los enzimas no parecen ser la clave de la explicación de esa respuesta a la temperatura. Buttrose y col. (1971) también comprobaron concentraciones de málico más altas en bayas desarrolladas a 20°C que a 30°C, y proponen que ese menor valor de málico en las bayas desarrolladas a mayores temperaturas puede ser por un mayor ritmo de respiración de la baya.

Lakso y Kliwer (1978) estudiaron la fijación del $^{14}\text{CO}_2$ en la oscuridad y llegaron a los mismos resultados que los de Kriedemann (1968). Encontraron que entre 10 y 40°C los procesos de fijación predominan sobre la respiración en las bayas inmaduras, si bien esa fijación va a ir disminuyendo a medida que la baya va madurando.

c) Respiración

Se muestra que a elevadas temperaturas, los procesos de catabolismo del málico que prevalecen, distintos de la gluconeogénesis, fundamentalmente se deben a la respiración. La respiración es un proceso catabólico, considerado en conjunto como una oxidación. Supone una incorporación al ciclo de Krebs para la obtención de energía en los procesos que se necesiten.

Después del envero los niveles de málico de la baya van a ser afectados sobre todo por los efectos de la temperatura en la respiración. El ácido málico es el sustrato fundamental de la respiración en la baya después del envero, presumiblemente por la ruptura de los compartimentos celulares y el contacto con los diferentes enzimas. La razón del aumento de la respiración de los ácidos en la baya coincidiendo con el momento de máxima concentración de azúcares no es del todo conocido.

3.2.2.3.- Cítrico

Según Kliwer (1966) las raíces tienen que contener un sistema enzimático considerablemente diferente al del resto de la planta, ya que es el único lugar con una mayor proporción de cítrico que de málico.

A) Biosíntesis

Este ácido se puede formar en las raíces por dos mecanismos fundamentalmente (Kursanov, 1957):

a) Fijación del CO₂ procedente del suelo (a través de los carbonatos).

Se fija sobre ácido fosfoenol-pirúvico para dar ácido málico, que se va a oxidar a ácido cítrico por el ciclo de Krebs.

b) Oxidación de la glucosa

Los glúcidos procedentes de las hojas migran a las raíces, y allí se oxidan a ácido cítrico por las reacciones de la glicolisis.

B) Catabolismo

El metabolismo de este ácido es por oxidación del mismo a través del ciclo de Krebs.

3.2.3.- EVOLUCION

A pesar de la similitud química, los ácidos tartárico y málico muestran distintos modelos de evolución tanto en hojas como en bayas.

Es importante el tiempo transcurrido desde la acumulación a la degradación del málico así como la regulación del enzima málico, para determinar la acidez final de la fruta.

En el curso del desarrollo vegetativo, las hojas y las bayas verdes son la sede de la síntesis de los ácidos orgánicos ya que son productos de la fotosíntesis, de modo que se van a acumular en la baya durante el periodo inicial de desarrollo de la misma, mientras que en los últimos estados de maduración se activa la síntesis de los azúcares sin que apenas se sinteticen ácidos orgánicos que además van a ir progresivamente disminuyendo (Stafford y Loewus, 1958).

La disminución de la acidez se debe a la suma de todos los fenómenos que a continuación se mencionan. El contenido de cada uno de los ácidos orgánicos es el resultado de un equilibrio entre los recursos y las pérdidas, es decir, tanto el tartárico como el málico van a disminuir sus concentraciones a partir del envero debido a distintos procesos:

-Formación de sales mono o dibásicas: disminuyen así los dos ácidos, principalmente el tartárico. Saito y Kasai (1968) informaron de la acumulación de tartárico en forma de sales insolubles, que no se degradan por los enzimas, a diferencia del ácido libre que si es metabolizado.

-La respiración: origina una disminución de los dos ácidos. Hardy (1968) y Saito y Kasai (1968) mostraron que ambos ácidos marcados radioactivamente, e inyectados a las bayas verdes, se degradaban rápidamente a $^{14}\text{CO}_2$. Kriedemann (1968) vio cómo el cociente respiratorio se doblaba en el paso del envero, disminuyendo ambos ácidos muy rápidamente después de este momento.

-Fenómenos de dilución: debido a un aumento en el volumen de la baya. Según Ribéreau-Gayon y col. (1989), la dilución y la combustión respiratoria son los principales factores que disminuyen el valor de la acidez, y no tanto la salificación de los ácidos.

-Aumento de la permeabilidad de la membrana: que permite a los ácidos almacenados en las vacuolas, ponerse en contacto con los enzimas degradativos del citoplasma, favoreciéndose así una mayor metabolización de los ácidos y un rápido descenso de la acidez (Freeman y Kliever, 1983).

-Disminución de la translocación de estos ácidos: durante el período posterior al envero descende la translocación desde las hojas, o de otras zonas de la cepa, hacia las bayas. El tartárico y el málico se han detectado en el floema de los tallos, justo después de la aparición del fruto, pero no durante el período de maduración (Kliever, 1971).

-Disminución de la capacidad de las bayas para sintetizar los ácidos: la facilidad de realizar la fotosíntesis, y la fijación de $^{14}\text{CO}_2$ en la oscuridad por las bayas, es relativamente alta en las bayas verdes, pero disminuye mucho en el inicio de la maduración (Kliever, 1964; Kriedemann, 1968; y Meynhardt, 1965). En el período anterior al envero, la incorporación del $^{14}\text{CO}_2$ por los ácidos orgánicos en las bayas, generalmente excede al de formación de los azúcares, mientras que sucede lo contrario en el período posterior al envero (Hardy, 1968; Kliever, 1964; Saito y Kasai, 1968).

Hawker (1969) en posteriores investigaciones trabajando con fijación de $^{14}\text{CO}_2$ en la oscuridad, informó que el ácido málico es el principal producto sintetizado, y esa reacción es probablemente catalizada por la fosfoenolpiruvato-carboxilasa, enzima cuya actividad es 8 veces mayor en el período anterior al envero que en el posterior.

-Actividad de los enzimas málico y málico-deshidrogenasa: enzimas que son capaces de degradar el málico (Hawker, 1969; Neubauery Zscheile, 1968). Además Hawker (1969) encontró que la actividad de esos dos enzimas aumentaba durante la maduración de la fruta. Los enzimas de las uvas capaces de romper el tartárico todavía no se han identificado.

-Transformación del ácido málico en glucosa: aunque la proporción en que esto ocurre no es muy significativa, en cuanto a la cantidad de acidez que ha disminuido.

Amerine (1956) y Van der Heide y Schmitthenner (1922) indicaron que hay un gradual aumento de acidez total desde la periferia hacia el interior en las uvas a medida que van madurando. Sin embargo se encontró elevada concentración de málico en el hollejo, si bien esta discrepancia se explicó por los elevados niveles de potasio y calcio, que van a formar sales de tartárico y málico en el hollejo, lo que significa una baja acidez total ya que los hidrogeniones liberados van a ser tamponados por el propio medio del zumo o bien son transportados a las células vecinas por un intercambio con otros cationes metálicos (Boulton, 1980).

Se van a estudiar de forma individualizada la evolución de cada uno de los ácidos orgánicos:

D(+)tartárico

El tartárico permanece constante en los inicios del desarrollo de la baya, luego va a ir disminuyendo por una progresiva metabolización, llegando a valores finales que oscilan entre 3-7 g/L aunque estas cifras dependen de muchos factores. Según Johnson y Nagel (1976) y Crippen y Morrison (1986) el tartárico, expresado en concentración, va a disminuir durante la maduración, mientras que si se expresa por baya el contenido se mantiene prácticamente estabilizado durante toda la estación (Figura 18).

Mientras que el ácido málico es un producto primario del metabolismo, el tartárico juega un papel de producto final (Saito y Kasai, 1968), y se puede considerar un metabolito secundario (Ruffner, 1982). La cantidad prácticamente constante de tartárico después del envero, les hizo suponer que o bien el tartárico no se degrada después del período de acumulación, o bien que los procesos de síntesis y de degradación están prácticamente equilibrados. Estudios con marcadores permitieron comprobar que el tartárico se sintetiza en los inicios del desarrollo de la baya y durante el período de maduración la cantidad de tartárico permanecía prácticamente constante, sin apenas síntesis o degradación (Saito y Kasai, 1968; Hardy, 1968).

Iland y Coombe (1988) trabajaron en la variedad Shiraz, y comprobaron mediante extracciones diferenciales durante el proceso de maduración que el ácido tartárico se salificaba mientras que el málico permanecía más como ácido libre, tanto en la piel como en la pulpa.

Debido a la lenta acumulación, la curva de su concentración viene determinada por el crecimiento de la baya, esto significa que se va a acumular con un ritmo menor al ritmo de

crecimiento de la baya. La concentración de tartárico disminuye durante los dos estados de crecimiento rápido de la baya, y aumenta ligeramente en el período anterior al envero que es un momento de lento crecimiento. Estos resultados de Crippen y Morrison (1986) confirmaron los trabajos previos de Saito y Kasai (1968) y Coombe y Jones (1983).

L(-)málico

Se acumula al principio alcanzando valores en el envero de unos 15 mg/g de peso fresco en la baya, pero el descenso que sigue al envero va a ser mucho más rápido y continuo llegando a cifras finales de 2-3 mg/g de peso fresco en menos de una semana. Este descenso va a ser debido tanto a una disminución en la síntesis como a un aumento en el metabolismo (Possner y col., 1983).

Según Crippen y Morrison (1986), la semejanza de gráficos entre la evolución del málico en función de la concentración o por unidad de baya, indica que el modelo de acumulación y descenso fue poco afectado por las variaciones del peso de la baya (Figura 18).

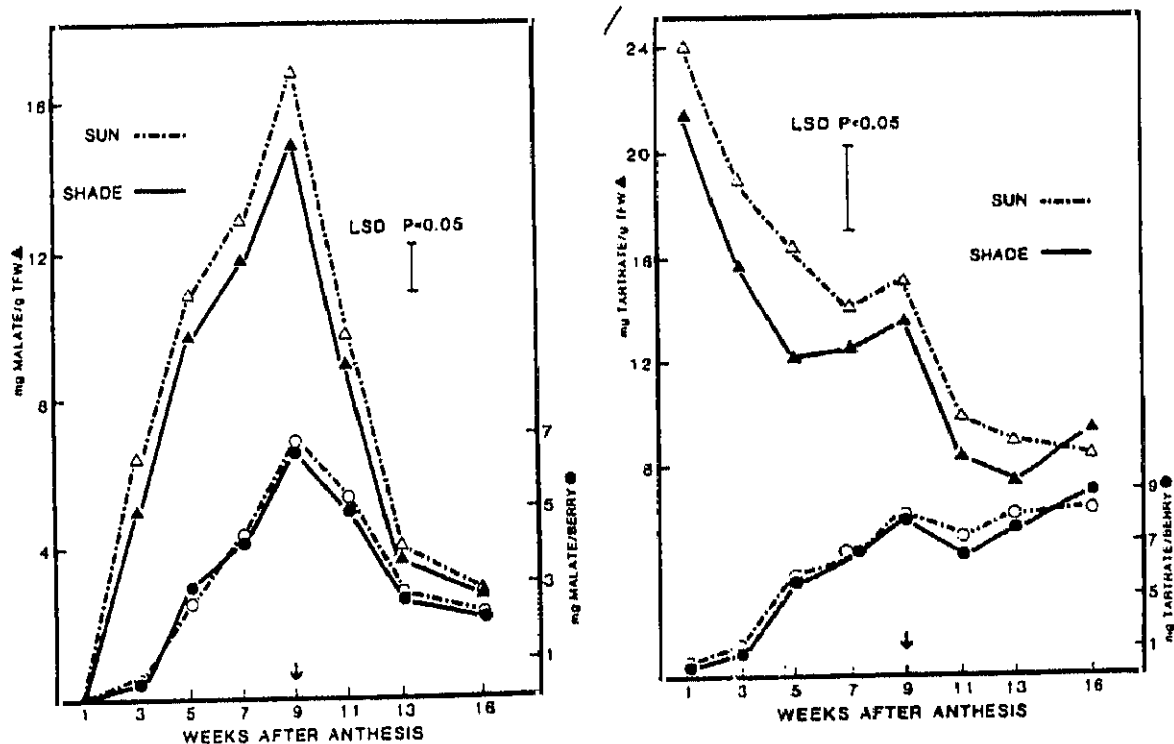


Figura 18.- Contenido total de málico y tartárico (expresados en mg/g y mg/baya) en el mosto a lo largo del proceso de maduración en dos tipos de tratamientos: con exposición de racimos y sombreados (Crippen y Morrison, 1986).

Modelos similares fueron indicados por Kliever y col. (1967), Ruffner (1982) y Johnson y Nagel (1976). Si bien los modelos seguidos en la acumulación y en la disminución del málico son similares en los ensayos realizados con el mosto o con la pulpa de la baya, el tiempo empleado en la disminución no fue el mismo, ya que en el mosto necesitó dos semanas más que la pulpa para comenzar el descenso que se inició después del envero. Ese retraso observado en la eliminación del málico en el mosto apoya la teoría de Ruffner y col. (1984) en la que el málico tiene que pasar de las vacuolas al citoplasma para ser degradado.

Se ha observado la evolución de los ácidos tartárico y málico a lo largo de la maduración en distintas variedades de uva (Figura 19), comprobando que existe la misma tendencia en todas y con pequeñas modificaciones en función de las características climatológicas del año que se trate, pero sólo afectan en ciertos puntos de la evolución y de un modo circunstancial.

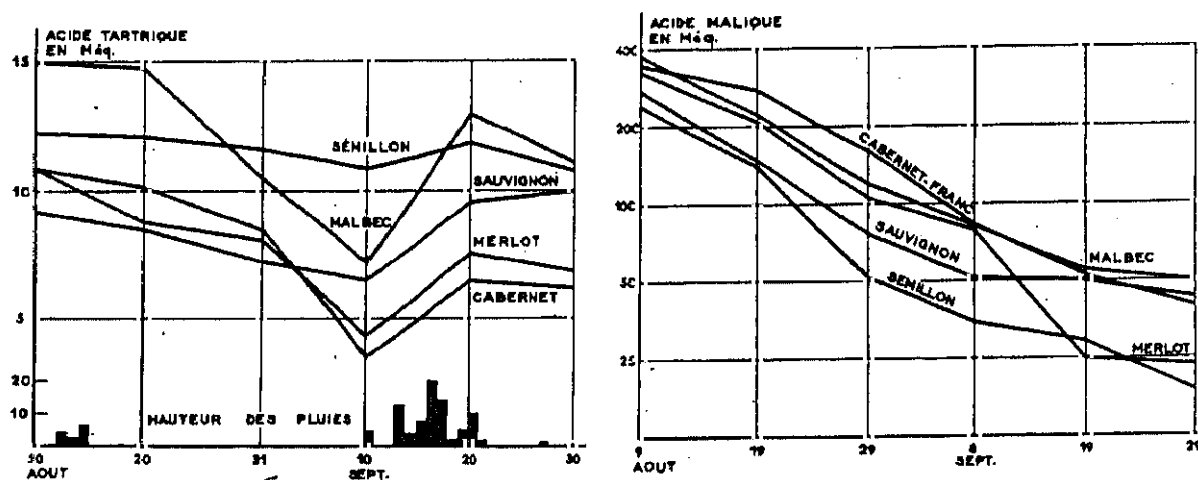


Figura 19.- Evolución del ácido tartárico y málico en cinco variedades de uva (Ribéreau-Gayon, 1975).

Debido al papel del málico en determinar la calidad de la baya, se ha dado una gran importancia al fenómeno de la disminución de la acidez después del envero. Los modelos de su acumulación y degradación se han estudiado por distintos autores y lo explican por distintas teorías:

a) Sacher (1973) y Ruffner y col. (1976), sugirieron que en la regulación del málico podría intervenir la modificación de la permeabilidad de la membrana de los tonoplastos, en el sentido de aumentarla a medida que la fruta madura; si bien los mecanismos de estos cambios que

permitirían la salida del málico de la vacuola no son del todo conocidos. Esta explicación se dedujo debido a que en aquel momento no se podía afirmar el efecto de la temperatura sobre la actividad de los enzimas que participaban en la degradación del málico.

Iland y Coombe (1988), sugirieron una desorganización de las membranas de las células de la pulpa a medida que las uvas maduraban. La mayor salida de málico, frente a tartárico y potasio, puede estar asociada al mayor ritmo de eliminación de éste o a una propiedad de las membranas que favorece su salida al citoplasma. Otra posibilidad es que el málico esté en células diferentes y separadas de donde se almacena el tartárico y potasio, esto podría apoyar el hecho de que el málico exista totalmente como ácido libre y de que existan compartimentos con valores de pH diferentes.

b) Las publicaciones de Meynhardt (1965) y Hawker (1969) introdujeron las técnicas de determinación de las actividades enzimáticas en uvas, y se pudo explicar el modelo de acumulación y disminución de los ácidos, valorando "in vitro" los enzimas implicados.

c) Otra de las posibles explicaciones de la regulación de los niveles del málico en el proceso de maduración, es la teoría de la compartimentación (Ruffner, 1982) más que por la de los cambios en la actividad total de los enzimas. Esto se comprobó gracias al estudio de determinados solutos marcados dentro de los tejidos, que dan información de las propiedades de las membranas y de la compartimentación de los distintos compuestos.

Lakso (1973) y Lakso y Kliwer (1978), también informaron de la existencia de compartimentos metabólicamente diferentes para el ácido málico denominados "pool": el llamado "pool de reserva" que es inerte, el "pool metabólico" rápidamente equilibrado, y el "pool intermedio" (Figura 20). Este último es un paso intermedio de fácil acceso de los compuestos que van a ser metabolizados, y garantiza así el mantenimiento de las condiciones vitales de las células cuando están sometidas a condiciones de estrés, esto ocurre generalmente cuando la fotosíntesis es baja. Mientras que el suministro de asimilados sea adecuado, el pool intermedio se va a rellenar y los excedentes son o bien exportados o, en el caso del tejido periférico de la baya, se incorporan al pool de almacenamiento.

El "pool metabólico" se encuentra normalmente en el citoplasma y en las mitocondrias, y el "pool de reserva" en las vacuolas. Este reparto de componentes (tanto en el caso del málico como de los azúcares) en pools activo e inactivo, se controlaría por las distintas características de permeabilidad de las membranas celulares. Se ha demostrado que la acumulación del málico es permeasa dependiente.

Toda esta teoría se estudió al inyectar ^{14}C -málico a través del pedicelo de uvas en maduración y observar la existencia de una alta respiración del málico, que no se correspondía con el descenso que pasaba "in vivo" del málico en los frutos, indicando que la compartimentación más que el cambio en la actividad enzimática podría regular los niveles de málico durante el proceso de maduración. En el caso del málico radioactivo inyectado, que simulaba málico de reserva, la metabolización ocurrió de un modo más lento, independientemente del estado de desarrollo de las bayas, concluyendo la existencia de dos tipos de lugares para el almacenamiento del málico, uno inerte y otro activo metabólicamente.

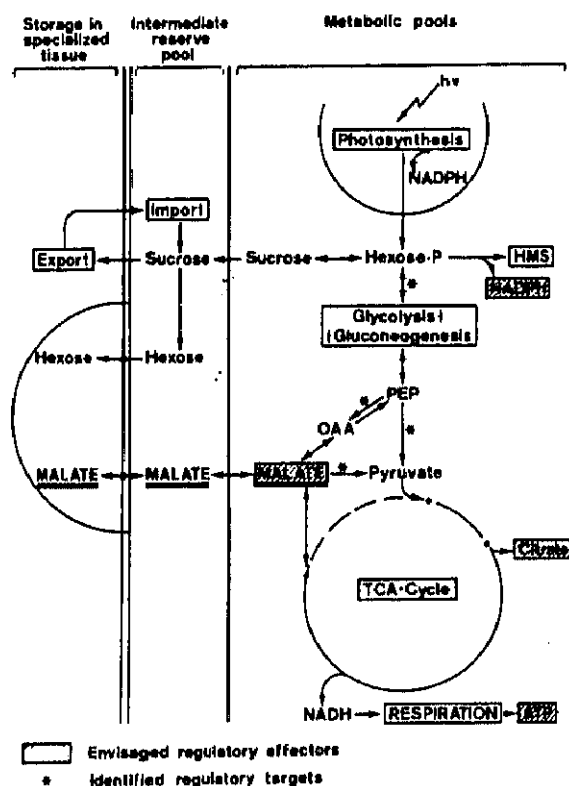


Figura 20.- Bioquímica y compartimentación del metabolismo del málico y azúcar en las cepas (Ruffner, 1982).

Se observó que el ácido málico radioactivo inyectado, se translocaba desde el centro hacia la periferia durante la maduración, mientras que no existía movimiento en las uvas verdes; en este caso existe un gradiente de concentración desde el hollejo a las semillas en orden decreciente, lo que significa que en estos cambios está implicada no solo las células individuales sino toda la baya (Stefan y Rapp, 1979). La utilización del málico se produce en el tejido de la

periferia de la baya en maduración (más que en el del centro de la baya), resultando en una disminución del "pool metabólico", que es rellenado del compartimento de reserva, creando así un gradiente radial de málico en la baya.

Durante la maduración tanto el ácido málico (Steffan y Rapp, 1979) como el enzima málico (Poseer y col., 1983) migran desde el centro de la baya hacia la periferia. Así la intensidad metabólica en la periferia de la baya va a determinar la degradación del málico en el conjunto del fruto. La migración del ácido tartárico sigue una tendencia opuesta, y se cree que el objetivo es para mantener las concentraciones osmóticas.

Después del inicio de la maduración se producen en la uva unos cambios metabólicos que se observan sobre todo en la gran reducción de la metabolización del azúcar vía glicolisis, y la consecuente producción de málico. Después del envero, la sacarosa importada es hidrolizada, y almacenada en vacuolas del mesocarpio, el complejo enzimático responsable de su transporte y activación como sacarosa-fosfato, necesita energía (ATP). La energía utilizada en este proceso y en el resto de reacciones bioquímicas que se producen en este momento de desarrollo de la baya, se van a obtener del proceso de la respiración, gracias a las sustancias del pool intermedio de reserva. Debido a la inhibición de la glicolisis, se produce una disminución de las sustancias del pool intermedio y los niveles vitales del pool metabólico se deben mantener por una importación de málico de las células de reserva.

En general en la baya, dependiendo de las demandas energéticas de ese momento, el ácido málico del compartimento metabólico es respirado o, como consecuencia del flujo inverso de carbono de la glicolisis, se dirige hacia la gluconeogénesis. Esta última ruta es favorecida en condiciones de frío, cuando la respiración es baja.

Por esas hipótesis se puede decir que las fluctuaciones de las concentraciones del ácido málico durante el proceso de maduración de las bayas, se explica por distintos mecanismos regulatorios, como es la diferencia en la actividad enzimática, inhibición feedback...

3.2.4.- FACTORES QUE AFECTAN A LA EVOLUCION DE LOS ACIDOS ORGANICOS

La radiación solar, la temperatura, y la disponibilidad de agua, son factores que influyen de forma importante en el desarrollo y maduración de los frutos. Sus efectos se reconocen por la capacidad de acortar y alargar los procesos fisiológicos y bioquímicos que ocurren durante el

desarrollo y maduración de la baya, dichos factores pueden afectar a la síntesis, metabolismo, o a la acumulación de los ácidos orgánicos. Así la evolución de la acidez total se ha estudiado sobre todo desde un punto de vista vitícola y no tanto enológico.

3.2.4.1.-Riego

Se han estudiado repetidamente los efectos de la manipulación del estado hídrico de la cepa, alterando tanto la cantidad como el tiempo en el que se produce el efecto, y observando cómo afecta a los distintos componentes de la baya.

Matthews y Anderson (1988) establecieron diferencias en el estado hídrico de la planta según que las cepas estuvieran regadas o que el suministro de agua se cortase antes o después del envero. Las concentraciones de la acidez total y del potasio fueron ligeramente mayores en los tratamientos con déficit temprano, antes del envero, que en el control o en los de déficit tardío, esto podría atribuirse a que ese déficit moderado anterior al envero ha tenido mayor efecto sobre el crecimiento de la baya que en el metabolismo de sus componentes. La acidez total en vendimia fue ligeramente menor en los mostos procedentes de vides sometidas a déficit hídrico temprano respecto a los otros tratamientos, debido a una velocidad de metabolización de los ácidos más rápida en este tipo de tratamientos que en los demás, aunque las diferencias en el crecimiento de la baya pueden confundir estas interpretaciones. Las concentraciones de málico en vendimia son menores en aquellos tratamientos con déficit hídricos tempranos, independiente del nivel de agua aplicado durante la maduración.

Estos autores sugieren que el modelo de disminución que sigue la acidez total después del envero, se deben más a las diferencias en el catabolismo del málico a partir del envero que a las concentraciones del málico alcanzadas en esa fecha. Se observa un gran efecto sobre el valor del málico y escaso en el de la acidez, con lo que déficits de agua tempranos van a provocar un aumento en el valor de la relación tartárico/málico, esto es importante como práctica de desacidificación de los mostos con elevada acidez total.

Así la cuestión es si el riego es el responsable de los distintos sucesos o son una serie de procesos fisico-químicos los que contribuyen a disminuir la calidad. Es decir, si el riego lo que hace es prolongar el tiempo de maduración, también puede aumentar el tiempo de exposición de las bayas a la radiación solar y como consecuencia también la temperatura del tejido de las mismas, favoreciendo la respiración y el consumo del málico.

Freeman y Kliever (1983) comprobaron que el tartárico es más estable a altas temperaturas y se degrada más lentamente que el málico. El riego tampoco afectó el pH, si bien las diferencias observadas pudieron ser por circunstancias estacionales. Bravdo y Hepner (1985) no encontraron efecto sobre el pH, probablemente por la correlación entre el málico y el potasio, ya que el pH se determina por el equilibrio entre los hidrogeniones y entre sodio y potasio.

El riego puede aumentar la acidez total debido a su efecto retardante de la maduración. En los tratamientos de regadío dicho efecto es debido fundamentalmente al málico, ya que el ácido tartárico apenas fue afectado. Parece que el efecto del riego en el ácido málico es principalmente indirecto, y está asociado al equilibrio entre el crecimiento vegetativo y reproductivo. La concentración de málico en tratamientos con déficit total fue también baja, esto indica que el déficit hídrico antes del envero disminuye la cantidad final de málico independientemente del estado hídrico durante la maduración.

3.2.4.2.-Radiación solar y temperatura

La radiación solar es una variable microclimática que va a contribuir a la modificación de la composición y el desarrollo de las uvas maduras, debido probablemente a una combinación de efectos directos de la luz y de indirectos de la temperatura. Se ha demostrado experimentalmente que el tiempo que tardan las uvas en alcanzar un estado de madurez, se relaciona con la suma de temperaturas a las que ha estado sometida (Winkler, 1962); es decir, las uvas maduran más rápido cuando las cepas se desarrollan a temperaturas más elevadas, incidiendo en el metabolismo de los distintos componentes y en la relación que existe entre ellos.

Peynaud y Maurie (1958) demostraron que las temperaturas altas favorecían la combustión de los ácidos en las uvas por el proceso de respiración, mientras que si eran bajas se mejoraba la síntesis de los mismos.

Burkhardt y col. (1951) determinaron que la concentración del ácido málico en las bayas se encontraba en menor cantidad cuando las estaciones eran templadas que cuando eran frías, de modo que en climas fríos el efecto de la temperatura sobre las cepas es menos pronunciado.

Varios investigadores como Kliever y Lider (1968), Shaulis y col. (1966), y Kobayasi y col. (1960) comprobaron que el aumento de las temperaturas dentro de un intervalo, favorecía un aumento del tamaño de la baya, junto con un incremento de los sólidos solubles totales además de una disminución de la acidez total.

Radler (1965) estudió el efecto de las temperaturas elevadas sobre los distintos componentes de las bayas de la variedad Thompson Seedless durante su maduración, sometiendo artificialmente parte de los racimos de las distintas cepas a un aumento de las temperaturas y comparándolos con los racimos control. En las bayas sometidas al efecto del calor (33 ± 2 °C), observó una disminución del tamaño aproximadamente en 2/3 respecto al peso de los racimos control, hecho que influirá en los componentes presentes en la baya. Según este autor el modelo de evolución seguido por la acidez, es el mismo en las uvas sometidas a altas temperaturas que en las del tratamiento control, es decir, se produce un aumento hasta alcanzar un máximo (≈ 30 g/L) y un posterior descenso que continúa hasta el final de la maduración (≈ 5 g/L), si bien la concentración alcanzada en el máximo de la curva por las bayas calentadas era ligeramente superior debido al menor tamaño de la baya; sin embargo al expresar la acidez en mg/baya el máximo es comparativamente inferior; y el descenso posterior de la concentración es más rápido, ya que las temperaturas altas aumentan necesariamente la respiración. El nivel final de ácidos en las bayas en vendimia es prácticamente el mismo en los dos tratamientos, es decir, según Radler (1965) el efecto de la temperatura no originó en el momento de la vendimia diferencias significativas en la cantidad de ácidos orgánicos. En estos experimentos el efecto de la temperatura es pequeño ya que se realizaron en lugares de climas cálidos, posiblemente los efectos serían más pronunciados si se comparasen con ensayos realizados en climas más fríos.

Ruffner y col. (1976) comprueban que después de transcurrido el proceso de acumulación de ácidos en la baya, los valores de la acidez total están fundamentalmente representados por el tartárico más que por el málico. Sin embargo, a partir del envero y durante toda la maduración la disminución de los ácidos, se debe principalmente al descenso del málico; este fenómeno fue estudiado ya por Du Plessis (1968) que encontró que el ácido málico tenía mayor efecto en la disminución de la acidez que el tartárico.

Ruffner y Rast (1974) consideran que en los tejidos jóvenes, se produce un aumento intenso del ácido tartárico en condiciones calurosas por una rápida conversión de la glucosa por la vía hexosa-monofosfato, resultando ser un producto de oxidación de la glucosa. Saito y Kasai (1969) demostraron que la luz se requería para la síntesis de tartárico en las bayas, mientras que el málico se sintetizaba tanto con la luz como en condiciones de oscuridad. Esto sugirió que los tratamientos de sombreado con contenidos bajos de tartárico eran debidos precisamente a la falta de radiación solar que favorecería la síntesis de este ácido.

Morrison y Noble (1990) vieron, al igual que Saito (1968), una mayor acumulación de tartárico en los inicios del desarrollo, antes de que existiera una cantidad elevada de hojas que produjesen condiciones estrictas de sombreado. Solamente cuando los tratamientos de sombreado son severos el proceso es más lento y se retrasa la acumulación de dicho ácido.

Parece que el metabolismo del ácido tartárico no es afectado por las temperaturas inferiores a 30°C (Kliewer y Lider, 1968; Ruffner, 1982). Sin embargo, en el experimento de Reynolds y col. (1986), las temperaturas alcanzadas en el estado III de maduración por las bayas expuestas a la radiación, son suficientemente altas como para disminuir la cantidad de tartárico, en mayor proporción respecto a las sombreadas.

Experimentos realizados por Kliewer (1964) mostraron que el $^{14}\text{CO}_2$ incorporado a los ácidos orgánicos de las bayas sometidas a bajas temperaturas (<25°C) era 2 ó 3 veces más importante que el encontrado en bayas expuestas a temperaturas más altas (>30°C). Esas temperaturas bajas favorecen la síntesis del málico por β -carboxilación, ya que es un proceso de naturaleza exotérmico. Como consecuencia de la fijación del CO_2 en la oscuridad según la temperatura, se indica que la disminución del contenido en málico no sólo es por una disminución de la síntesis, ya que temperaturas mayores de 30°C pueden degradar más rápidamente el málico.

Carroll y Marcy (1982) experimentaron cómo las temperaturas afectaban en mayor medida a las concentraciones de málico y escasamente a las de tartárico; de aquí que los ensayos se hayan enfocado preferentemente hacia el estudio de los enzimas y de las reacciones bioquímicas relativas a la síntesis y degradación del ácido málico más que al tartárico. La mayoría de los estudios proponen un óptimo de temperatura a 25°C para la síntesis de málico (en función de las actividades de los enzimas fosfoenolpiruvato-carboxilasa y fosfoenolpiruvato-carboxiquinasa) (Lakso y Kliewer, 1975, 1978) y una temperatura mínima de 30°C para su degradación.

Los efectos de la exposición de los racimos al sol en el metabolismo ácido (málico, tartárico, pH, y acidez total), son casi exclusivamente sobre el málico. Klenert (1975) observó que el valor de la acidez total en los racimos expuestos respecto a los sombreados fue mayor en el período anterior al envero, presumiblemente debido a un aumento en la actividad de esos dos enzimas antes mencionados (Ruffner, 1976).

En general, los ensayos manifiestan que la disminución de la radiación solar en toda la viña o en los racimos individuales, ha supuesto mayores valores de acidez total y de málico en las uvas maduras, observando que las temperaturas de las bayas totalmente expuestas al sol

oscilaron entre 6 y 10°C y más que las de la sombra. Los estudios no muestran si el aumento fue debido directamente a una escasa intensidad luminosa, a bajas temperaturas en los tejidos, o a una combinación de los dos factores. Los trabajos sobre variaciones de la temperatura para un determinado nivel de ácidos en las uvas indican, que el momento en el que se producen esos procesos es importante porque influye en el nivel de ácidos al final de la maduración. La relación entre la acidez total y la temperatura está bien establecida (Amerine, 1951; Ribéreau-Gayon, 1959; Radler, 1965; Kliever, 1971), y se cree que es debida a un aumento de la actividad del enzima málico después del envero (Lakso y Kliever, 1975, 1978).

Reynolds y col. (1986), observaron en sus ensayos durante el periodo anterior al envero, que aunque las temperaturas diurnas de los frutos expuestos al sol eran mayores a las óptimas de los enzimas, y las temperaturas alcanzadas por los frutos sombreados eran menores a las óptimas, los primeros frutos tenían un contenido en acidez mayor. Mientras que después del envero, al aumentar la actividad del enzima málico, el descenso en la concentración de la acidez se producía mucho más rápido en los frutos expuestos a la radiación solar que en los sombreados: de aquí se deduce que este proceso va asociado a un aumento de la temperatura de la baya.

Se han estudiado posibles explicaciones para la observación de la disminución de la acidez en relación con la temperatura, según las teorías ya estudiadas:

-Cambio de permeabilidad de las membranas que encierran al ácido málico.

Hale (1977) sugirió un mecanismo mediatizado vía potasio de modificación de la permeabilidad de la membrana, de modo que este catión podía alterar el efecto de la temperatura sobre la concentración de málico, es decir, el potasio tendría un efecto positivo sobre el contenido del málico. Esto podría justificar los inesperados niveles elevados de ácidos encontrados en algunas uvas que habían madurado a altas temperaturas (Amerine, 1956; Peynaud y Maurié, 1956; Du Plessis, 1968).

-Distintas actividades de los enzimas del metabolismo del málico en función de la temperatura.

Se ha demostrado la presencia de enzimas que participan en la síntesis y degradación, si bien las actividades de los enzimas sólo establecen un potencial de reacción puesto que es necesario conocer los distintos factores que pueden incidir (la disponibilidad de sustratos, inhibidores y activadores de los enzimas). El papel de la temperatura en la regulación de esos procesos enzimáticos que participan en el metabolismo del málico, no está totalmente conocido, si

bien parece que las temperaturas afectan considerablemente menos al proceso de acumulación que al de degradación.

-Teoría de la compartimentación.

Se comprobó la actividad radioactiva del málico después de administrar $^{14}\text{CO}_2$ a distintas temperaturas a bayas verdes, y se observó que el "pool metabólico" descendía rápidamente al aumentar la temperatura.

Lakso y Kliwer (1978) revelaron que otro posible efecto de la temperatura en el metabolismo del málico en la uva es la rapidez de transferencia entre el pool metabólico y el de reserva, de modo que la transferencia suele ser elevada a temperaturas altas, mientras que se acumula una mayor cantidad cuando descienden las temperaturas. Observaron que los efectos de la temperatura en el málico dentro del "pool metabólico" y por tanto la modificación de su contenido, es un indicador de cómo la temperatura induce equilibrios entre síntesis y degradación. Ejemplo: entre 10 y 20°C el mayor tamaño de este pool indica una síntesis neta, mientras que a 40°C este pool es muy pequeño indicando un fuerte predominio de la degradación sobre la síntesis, incluso teniendo en cuenta que a esa temperatura la síntesis que se estima, con la fijación en la oscuridad, fue alta. Las temperaturas moderadas de 20 o 30°C serán las más apropiadas para una mayor acumulación y una transferencia moderada.

-Otras explicaciones.

Langridge y McWilliam (1967) averiguaron que el CO_2 es más soluble a bajas temperaturas, y la disminución de la acidez es independientemente del efecto de la temperatura en los enzimas. Concentraciones elevadas de CO_2 tienden a suprimir la degradación del málico por descarboxilación por el enzima málico.

3.2.4.3.-Técnicas de control de la superficie foliar

La eliminación de ciertas hojas puede afectar a la intercepción de la radiación solar del resto de las hojas o los racimos, así como a la temperatura que los rodea; por tanto dicha operación va a modificar el microclima de las cepas, y en consecuencia la composición de la baya. Los racimos que están sometidos a las condiciones de un canopy denso y sombreado, tienen bajas concentraciones de azúcar, fenoles y elevadas cantidades de acidez total, málico, potasio y pH comparándolas con los racimos bien expuestos.

En los procesos de defoliación van a intervenir además factores como es el tiempo en el que se realice, la severidad, el cultivar, el clima, y quizás el tipo de hojas eliminadas. Según Reynolds y Wardle (1989) las diferencias en la producción y la composición de la uva asociadas con la severidad y el tiempo de defoliación, pueden ser explicadas por: diferencias en el desarrollo de tallos anticipados, reducciones en el vigor, eliminaciones de áreas funcionales de las hojas, y cambios en las densidades del canopy con sus repercusiones en la exposición de las hojas y de la fruta.

Hunter y col. (1991) encontraron que la acidez total de uvas que procedían de cepas parcialmente defoliadas era ligeramente mayor hasta el envero. Al incidir mayor intensidad luminosa en el canopy, debido a esa parcial defoliación, se comprueba que la actividad fotosintética en las hojas ha aumentado, además en el sentido de producir más ácidos orgánicos que azúcares (Kriedemann, 1970). Por el contrario la defoliación parcial no tuvo efecto en el modelo de acumulación de los ácidos en las bayas, es decir, independiente del momento de defoliación, las mayores concentraciones de ácido tartárico y de málico se alcanzaron durante las fases de crecimiento rápido de las bayas, produciéndose después del envero un descenso también rápido de los dos ácidos orgánicos, siendo mucho más pronunciado en el málico, y estabilizándose para el tartárico en una concentración 4 veces mayor que el málico. La defoliación parcial no produjo diferencias significativas en el pH de los mostos, esto pudo ser porque no se registraron diferencias de temperaturas en el canopy por esos tratamientos. Sin embargo Kliewer y Lider (1970) manifestaron que en condiciones de sombreado se produce un aumento en el valor de la acidez total, debido a un incremento en el número de tallos anticipados, lo que supone una mayor superficie del área foliar.

Bledsoe y col. (1988) mostraron un descenso en la acidez total debido a un proceso de defoliación, mientras que la disminución en el pH del mosto fue el resultado de reducciones en las concentraciones tanto del málico como del potasio. El que los niveles de málico sean mayores influye en un mayor pH, debido a la mayor proporción del málico respecto a la acidez total (menor relación tartárico/málico) al ser éste más débil que el tartárico. El otro factor responsable del descenso en el pH es la reducción significativa del potasio al eliminar las hojas, observándose que en cualquier momento la concentración de potasio en el mosto era menor en los tratamientos con defoliación frente al control. En vendimia los niveles de potasio del mosto estaban en función de las hojas eliminadas.

Hale (1977) propuso una relación causal entre potasio y málico en las uvas maduras. al encontrar que bayas con elevado contenido en potasio también lo tenían en málico, acidez total y pH. A medida que aumenta la defoliación, la densidad del canopy disminuye, permitiendo un mayor paso de luz solar con las consiguientes reducciones del málico, pH y potasio.

3.3.- FRACCION MINERAL: K, Ca, Mg, Na

3.3.1.- GENERALIDADES

Como todos los productos vegetales, la uva contiene numerosas sustancias minerales que la planta extrae del suelo. Las sustancias minerales se localizan sobre todo en las partes sólidas de la uva: hollejo, pepitas, paredes celulopécticas de las células de la pulpa, mientras que el jugo vacuolar, es decir el mosto, es proporcionalmente menos rico (Ribéreau-Gayon y col., 1975; Peynaud, 1974; Mullins y col., 1992). El hecho de que la acumulación se realice de forma preferente en el hollejo que en el jugo vacuolar hace que la cantidad de cenizas de un vino tinto sea mucho mayor que la de uno blanco debido al propio proceso de vinificación empleado en cada caso.

Castino (1988) analizó muestras de distintas variedades de uvas comprobando que los elementos minerales principales son: K, Ca, Mg, Na, Cl, S y P. Entre los cationes, el potasio es el más abundante en el mosto (casi el 50% de toda la fracción mineral), le sigue el calcio y el magnesio y finalmente el sodio; además existen otros, aunque en menor proporción incluso en cantidades trazas (0,002-0,0008 g/L) como el hierro, zinc, manganeso...

Cada uno de estos cationes tiene una localización especial (Cuadro 5) y una determinada función. En la uva madura, la mitad del potasio se localiza en la piel, el calcio es un constituyente importante de la pared celular y de las pectinas, mientras que el magnesio forma parte de la clorofila y de las membranas celulares, además de participar como catalizador de enzimas implicados en la respiración, fotosíntesis y síntesis de ácidos nucleicos. De gran importancia también es el sodio por su contribución a la bomba de sodio-potasio, en las mitocondrias, o en el movimiento de la savia por el floema.

La determinación de estos minerales (1-2% del peso de la pulpa) se puede hacer conociendo el valor de las cenizas (que es el residuo de la calcinación del extracto seco, completamente desprovisto de todo indicio de carbón) y de su alcalinidad. La alcalinidad de las

cenizas no es un dato constante sino que varia en función de distintos factores entre los que destaca la pluviometría, es decir la humedad del suelo. Esa humedad favorece el ascenso a todas las partes de la planta de sustancias minerales que van disueltas en agua, pero ese agua se elimina por el proceso de transpiración en los órganos aéreos lo que obliga a un ascenso continuado de la savia que transporta estos cationes (Ribéreau-Gayon y col., 1975).

Cuadro 5.- Distribución de los cationes principales en las diferentes partes de la uva, expresados en mg/g de cenizas (Ribéreau-Gayon y Peynaud, 1964).

	Hoja	Raspón	Hollejo	Pepitas	Pulpa
K	400	362	360	230	480
Na	12	16	16	14	24
Ca	100	97	150	228	52
Mg	36	41	30	51	34

Todos estos cationes van a controlar el pH del mosto, siendo el pH uno de los factores que más afecta a la calidad tanto del mosto como del vino, puesto que no solo contribuye al gusto ácido, sino que afecta a la estabilidad microbiana y al color de los vinos tintos (Boulton, 1986). Así por ejemplo elevados valores de potasio, que pueden ser debidos a una excesiva fertilización, repercuten en un color más azulado y menos deseable en los vinos, debido a que provocan una disminución de la acidez con el consiguiente aumento en el valor del pH y así se modifica el color de las soluciones de antocianos por un cambio en la estructura molecular de esos compuestos (Morris y col., 1983). Los contenidos de potasio en el mosto se correlacionan con el pH, la intensidad y la tonalidad pero no con la medida de la absorbancia a 520 nm en la muestra acidificada.

Iland y Coombe (1988) estudiaron mostos de Australia que se caracterizan por tener una mayor proporción de potasio que los procedentes de Europa, y observaron que en general el potasio está presente en altas concentraciones en todas las partes de la planta y en el caso de la baya el potasio se distribuía tanto en la pulpa como en el hollejo, aunque en mayor proporción en éste último. Al potasio le han atribuido muchas funciones en las plantas como son la activación enzimática, procesos de transporte a través de la membrana, transporte de los azúcares por el floema, neutralización de los aniones y un papel osmótico. De todas ellas destaca su papel en el hollejo de mantener el equilibrio ante el aumento de los aniones, mientras que en la pulpa su papel

es incierto. Hale (1977) sugirió la existencia de una relación entre la presencia de potasio, la permeabilidad de la membrana, y la respiración del málico.

El pH es controlado por el equilibrio entre cationes y aniones, siendo el potasio el catión mayoritario y el malato y tartrato los principales aniones (Somers, 1975; Boulton, 1980; Iland, 1987). El potasio se ha considerado como un factor de considerable influencia en el equilibrio ácido del mosto y vino, pudiendo afectar así al valor de pH, al color y a los procesos de fermentación que allí se producen, así como al aroma y la limpidez de los vinos embotellados (Somers, 1975).

Boulton (1980) estudió la relación entre el potasio y los protones valorables, mostrando el intercambio de protones de los ácidos orgánicos por cationes monovalentes (este intercambio es debido probablemente a la actividad del enzima adenosintrifosfatasa), originándose un descenso de acidez y un incremento del valor del pH. Postuló que el potasio se transportaba en la cepa como un compuesto unido a un enzima en contra de un gradiente de concentración.

Los resultados de Crippen y Morrison (1986) confirman parte de la teoría anterior mostrando un posible intercambio de K^+ por los H^+ de los ácidos orgánicos, durante el desarrollo de la baya que va a influir en el pH del mosto. Pero se comprobó que, al inicio del desarrollo, la suma de los protones valorables y de los iones potasio no era igual al número total de protones disponibles correspondientes a la suma de tartrato+malato sino mayor, quizás debido a la presencia de otras especies que proporcionan protones, en cambio al final de la estación, si se produce ese equilibrio.

Hay una gran evidencia cada vez más acentuada de que existe una exagerada absorción de potasio que puede ser atribuida a diferencias genéticas manifestadas por la presencia de los distintos tipos de raíces que se han estudiado (Hale, 1977; Rühl y col., 1988). El pH por tanto puede ser afectado por las distintas concentraciones de potasio presentes debido a la diferente absorción y transporte de ese catión desde las raíces hacia los tallos, aunque estos mecanismos todavía no están claros.

Es necesario considerar el efecto del potasio sobre el pH del mosto al final de la maduración, así valores altos de pH pueden ser atribuidos a una exagerada absorción de potasio del suelo, aumentando el pH a pesar de la posible elevada acidez por la presencia de grandes proporciones de málico. Storey (1987) sugirió que el ácido málico es el principal anión complementario del potasio, si bien no observó una correlación directa entre las concentraciones de málico y potasio en ninguno de los tejidos de la baya. Concentraciones elevadas de potasio en

el suelo se suelen correlacionar positivamente con niveles elevados en muchas partes de la planta, particularmente en las hojas, si bien los niveles en el mosto no son muy grandes a menos que se apliquen fertilizaciones con mucha proporción de potasio (Morris y col., 1981).

El ritmo de absorción de potasio aumenta durante las fases de crecimiento vegetativo y de desarrollo de la fruta, produciendo una gradual salificación de los ácidos tartárico y málico en varios estados de desarrollo de la baya, hecho que ha sido ampliamente documentado (Christensen, 1969; Hale, 1977; Kliewer, 1965; Kliewer, 1971).

El ácido málico libre se degrada gradualmente por la respiración, pero la salificación va a reducir la cantidad de málico disponible para este proceso, aumentando así la cantidad de málico en el mosto (Hepner, 1983; Johnson y Nagel, 1976; Mattick y col., 1970). El potasio es el catión que va a salificar fundamentalmente el tartárico (aunque también se han encontrado sales cálcicas), y esto va a influir en el pH del mosto. El tartrato ácido de potasio precipita parcialmente, mientras que la sal neutra lo hace casi totalmente en las bayas, mostos y vinos, reduciendo los contenidos de tartárico del vino especialmente cuando el mosto se encuentra a bajas temperaturas y si está en elevadas concentraciones se favorece también la precipitación. El ácido málico y sus sales elevan la acidez y disminuyen el pH en la fruta madura, pudiendo tamponar considerables cantidades de potasio que luego pueden ser liberadas durante el proceso de fermentación o precipitar posteriormente en forma de tartratos en la botella (Mattick y col., 1970).

Además del potasio, el calcio y el magnesio mantienen un equilibrio frente a los ácidos presentes tanto orgánicos como inorgánicos, a parte de sus funciones características como son la formación de paredes celulares como pectato cálcico o como cofactores de enzimas en el caso del magnesio. Es importante el nivel de calcio del terreno donde se encuentran los viñedos ya que elevadas cantidades de cal activa pueden producir clorosis. Los tejidos jóvenes son ricos en potasio mientras que en los tejidos más viejos se acumulan calcio y magnesio, y así mientras los mostos son ricos en Ca, Mg y K a los vinos les ocurre lo contrario debido a los procesos de precipitación de tartrato de calcio y de potasio. En los vinos las cantidades de potasio y calcio son menores que en los mostos respectivos si bien el magnesio no se modifica mucho.

3.3.2.- ORIGEN Y EVOLUCION

Si se estudia la evolución del peso de las cenizas de las bayas así como su alcalinidad, se observa un aumento continuado durante todo el curso de crecimiento y maduración, es decir, aumenta la cantidad de ácidos salificados. Constantemente, las raíces extraen del suelo cationes minerales y se distribuyen por toda la planta, llegando hasta el fruto, si bien éste es menos rico en sustancias minerales que las demás partes verdes de la planta.

La alcalinidad de las cenizas no es un dato constante de un año a otro, ya que las lluvias, y por tanto la humedad del suelo, no son los únicos factores que favorecen ese ascenso de las materias minerales por todo el vegetal, sino que la transpiración de la planta favorece el ascenso de la savia y por tanto la migración de los minerales.

Se han realizado un gran número de análisis de los elementos minerales en las distintas partes de la uva para conocer su composición a lo largo del proceso de maduración. Se observa que la alcalinidad de las cenizas aumenta en la pulpa, hollejo y raspón durante la maduración, lo que significa un incremento en la cantidad de ácidos salificados. En el caso del hollejo las materias minerales llegan a doblar y triplicar su valor, en el raspón se multiplica por 1.5-2.5, mientras que en la pulpa sólo por 1.2 a 1.9 (Peynaud y Maurie, 1951). En los estudios realizados en el mosto sobre esos elementos (Cuadro 6) se observa una migración potásica importante y una estabilización rápida de los elementos alcalinotérreos.

Cuadro 6.- Evolución de las materias minerales (meq/1000 bayas) y las cenizas (g) en el mosto de bayas de la variedad Merlot durante el proceso de maduración (Ribéreau-Gayon, 1975).

	12/8	20/8	30/8	10/9	20/9	30/9	7/10
Cenizas	1,7	2,3	2,1	3,7	2,8	3,9	5,0
Alcalinidad de cenizas	22,8	23,0	27,0	39,0	36,7	39,8	28,0
Potasio	16,2	20,5	21,6	35,4	42,5	50,5	42,8
Sodio	0,5	0,8	0,9	0,8	1,0	0,9	1,7
Calcio+Magnesio	7,0	11,2	12,6	11,5	8,8	9,5	13,0

Donèche y Chardonnnet (1992) estudiaron en bayas de la variedad Cabernet Sauvignon la evolución de los principales cationes durante el proceso de maduración. Observaron que el desarrollo de las bayas iba acompañado de un aumento de los principales cationes, expresado en cantidad por baya, este tipo de evolución es el resultado de una intensa migración que a su vez va a depender de diversos factores: climáticos, edafológicos y biológicos.

Hrazdina y col. (1984) estudian los cambios fisiológicos y bioquímicos que ocurren en el desarrollo y maduración de las uvas, concretamente en relación a la evolución de los cationes mayoritarios. En la evolución de los cationes observaron que el potasio aumentó tanto en el periodo de desarrollo como en el de maduración alcanzando valores quince veces superiores en las bayas maduras respecto a las del periodo herbáceo; el contenido de sodio no mostró cambios consistentes, mientras que la cantidad de calcio y magnesio fue aumentando a lo largo del periodo de desarrollo (expansión de la baya) y se mantuvo durante la maduración, llegando al final a duplicarse los valores, sin embargo si los resultados de calcio y magnesio se expresasen en concentración se observa una clara disminución.

Para el potasio el aumento que se produce a lo largo de la evolución (Figura 21) es particularmente importante, tanto en la pulpa como en el hollejo (Iland, 1984). Esto último es interesante sobre todo en las vinificaciones en tinto que se hacen en presencia de los hollejos favoreciendo así el paso del potasio al mosto y produciendo un aumento del pH, mientras que la llegada de otros cationes es más limitada.

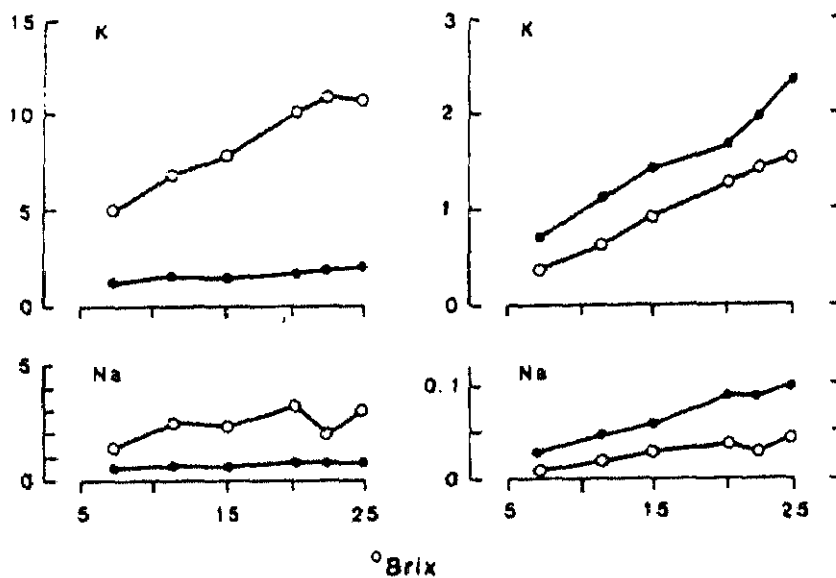


Figura 21.- Cambios del potasio y sodio durante la maduración expresados en concentración (mg/g) a la izquierda y en cantidad por baya a la derecha, tanto en la pulpa (●) como en el hollejo (○) de bayas de la variedad Shiraz (Iland y Coombe, 1988).

Existen varios estudios que indican cómo el potasio de las estructuras vegetativas de las cepas (preferentemente de las hojas) se redistribuye a los racimos a medida que progresa la

estación de crecimiento (Conradie, 1981; Smart, 1985), mientras que otros dicen que esa redistribución desde los órganos aéreos hasta las bayas es escasa (Williams y Matthews, 1990).

Williams y Biscay (1991) intentaron determinar el aporte del potasio desde los distintos tejidos de las estructuras vegetativas a las bayas durante el crecimiento de las mismas, y comprobaron que la concentración de potasio de las hojas, tallos y sarmientos descendía, al mismo tiempo que aumentaba en un 77% en los racimos; y permanecía constante en las raíces, se demuestra así una migración del potasio desde las estructuras vegetativas hacia los racimos. Sin embargo se ha observado que no todo el descenso del potasio se justifica totalmente por la migración ya que en parte es debido a la caída de las hojas que todavía contienen considerables cantidades de potasio. Parece que la procedencia del potasio de los racimos es preferentemente desde las hojas y de los tallos más que directamente desde las raíces, puesto que el nivel de potasio en éstas a lo largo de la estación va aumentando, si bien lógicamente el origen de todo el potasio procede de la absorción radicular.

El calcio se localiza en la baya principalmente a nivel de las paredes celulares. Al inicio del desarrollo, las cantidades de calcio de las paredes celulares de la pulpa y el hollejo aumentan en relación a la multiplicación celular (Figura 22), siendo en este periodo la pulpa más rica en calcio que el hollejo (Harris y col., 1968). A partir del envero, el agrandamiento de las células de la pulpa va acompañado de una disminución en la cantidad de calcio de las mismas, que repercute en una disminución grande de la cantidad de calcio de las células de la pulpa y una migración hacia la zona pelicular. La migración de este catión se favorece por la solubilización de las pectinas gracias a la acción de los enzimas pectolíticos (Fils-Lycaon y Buret, 1990).

El permanente aumento del nivel de potasio puede crear efectos osmóticos, sobre todo al final cuando el incremento de volumen de las células del pericarpio cesa, y así la tendencia de las células a expandirse es mayor. Basándose en los efectos casi contrarios del potasio y del calcio en relación a la estabilidad de la pared celular, el aumento de la relación K/Ca a lo largo del proceso de formación del fruto se cree que podría favorecer la permeabilidad de la membrana de las células al avanzar la maduración (Sacher, 1973). Possner y Kliewer (1985) observan que el aumento de la relación K/Ca se produce en toda la baya, pero principalmente en la pulpa, y su evolución se caracteriza porque no es un aumento lineal sino que presenta dos mesetas (Figura 23), la primera se alcanza 55 días después de floración con un valor para esa relación de 20 y la segunda se produce 90 días después de floración con cifras de 40. Se observó que la combustión

del málico se iniciaba prácticamente al mismo tiempo que la relación K/Ca había alcanzado la primera meseta y cesaba al llegar el valor de ese cociente a la segunda meseta.

Una posible explicación de este proceso es que al superar esa relación la primera meseta se estimula un flujo de málico desde la vacuola al citoplasma, donde el málico disminuye su síntesis (Lakso y Kliwer, 1975) y se acelera su degradación (Possner y col., 1981), pero todavía en un medio bien organizado (Ruffner, 1982b). Cuando la relación K/Ca alcanza la segunda meseta se produce una disolución de la lamela y la degradación de la estructura fibrilar a través de la pared celular conduciendo al inicio de la senescencia.

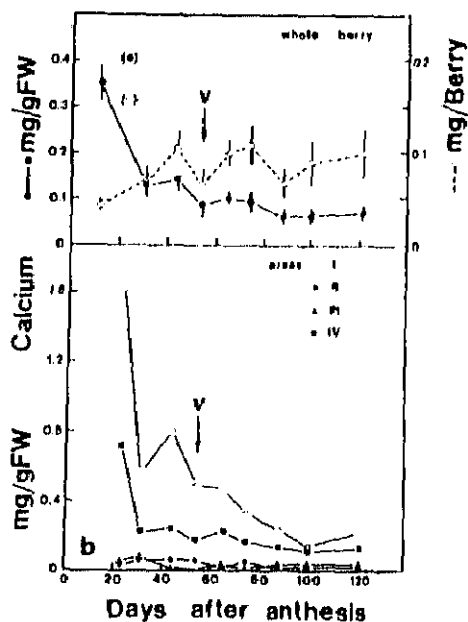


Figura 22.- Cambios en la concentración de calcio, expresada en mg/g de peso (●) y mg/baya (○). En la parte inferior se estudia la evolución del calcio en las distintas zonas de la baya (Possner y col., 1985).

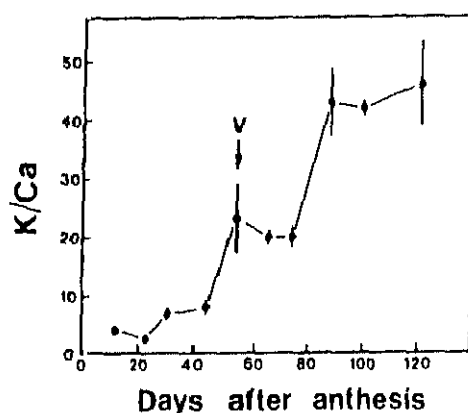


Figura 23.- Cambios en la relación potasio/calcio en el conjunto de la baya a lo largo del proceso de desarrollo (V= envero) (Possner y col., 1985).

La evolución del calcio y potasio es contraria a partir del envero debido a una modificación de los flujos del floema y xilema; según Düring y Oggionni (1986) la acumulación del calcio depende de la intensidad de la transpiración. Este desequilibrio de los dos cationes contribuye a aumentar la permeabilidad de las paredes celulares de la pulpa, facilitando así una acumulación de azúcares y una migración del ácido málico en el curso de la maduración (Steffan y Rapp, 1979). Inversamente, el enriquecimiento parietal de calcio de las células de los hollejos

frena el proceso de senescencia (Brady, 1987). Es importante el mantenimiento más o menos prolongado de la cohesión de las paredes celulares del exocarpio por ser uno de los factores de resistencia al ataque de parásitos.

La evolución del magnesio se hace en dos fases sucesivas, con una concentración mínima que caracteriza el envero (Figura 24). Al final, las concentraciones del calcio y magnesio van a disminuir por la dilución resultante del aumento en volumen de la baya, al ensancharse las células.

Al inicio del desarrollo de la fruta, una parte importante del magnesio se queda a nivel de las paredes celulares de la pulpa y del hollejo ya que forma parte de la clorofila, siendo la pulpa más rica en magnesio que el hollejo. En el envero desaparece esta fracción del magnesio parietal y queda como fracción libre que es utilizado como cofactor por numerosos enzimas intracelulares, esta parte de magnesio queda relativamente constante en el curso de la maduración.

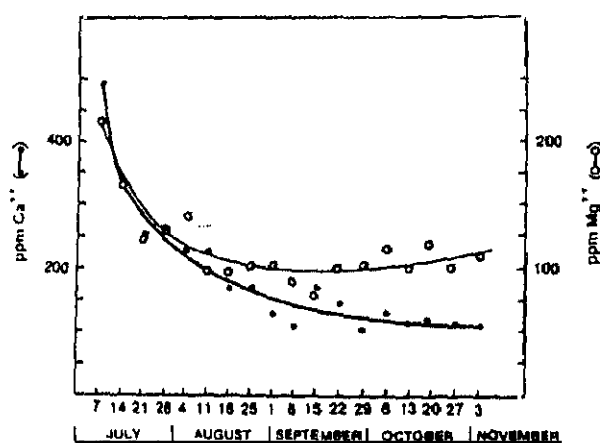


Figura 24.-Cambios en el contenido de calcio (●) y magnesio (○) durante el desarrollo y maduración de bayas de la variedad Chaunac (Hrazdina y col., 1984).

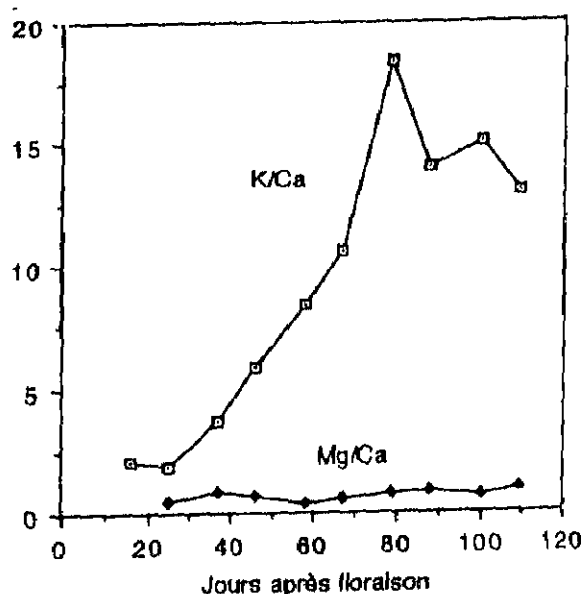


Figura 25.-Evolución de la relación K/Ca y Mg/Ca en el grano de uva en el curso de la maduración (Donéche y Chardonnet, 1992).

La relación potasio/calcio aumenta fuertemente al inicio de la maduración, mientras que las proporciones de calcio y magnesio permanecen relativamente constantes durante la totalidad del ciclo de desarrollo de las bayas (Figura 25). Hrazdina y col. (1984) trabajando con la variedad Chaunac observaron una disminución de los dos cationes durante el desarrollo de las

bayas permaneciendo con niveles bajos y constantes durante la maduración. Catalina y col. (1982) observan una línea ascendente del magnesio y un descenso del calcio, mostrando una relación Ca/Mg con valores mayores a la unidad al principio y a medida que se aproxima a la madurez van siendo inferiores a esa cifra.

La evolución del sodio (Figura 21) al igual que ocurre con el potasio por lo general suele aumentar durante la maduración (Kluba y Mattick, 1978), aunque algunos autores (Hrazdina y col., 1984) se inclinan más por una inapreciable variación del sodio. Las concentraciones de este catión suelen ser muy bajas excepto en los mostos de viñedos próximos al mar.

3.3.3.- FACTORES QUE AFECTAN A LA EVOLUCION DE LA FRACCION MINERAL

3.3.3.1.- Riego

La migración de los cationes que salifican los ácidos de las bayas proceden principalmente de las raíces, ese fenómeno está ligado al movimiento de agua por la cepa, y está favorecido por veranos lluviosos al principio y muy cálidos al final, lo que origina una fuerte transpiración por parte de la planta (Andrades, 1991; Catalina y col., 1982).

Hepner y col. (1985) estudiaron los efectos del riego y la producción sobre los niveles de potasio en variedades de uva Carignane y Cabernet Sauvignon. Diseñaron un experimento con cuatro viñedos a los que aplicaban distintas cantidades de agua y dentro de cada uno de esos tratamientos practicaron aclareos de racimos en distinta proporción, parece que parte del efecto del riego es indirecto y se produce a través de su efecto en el aumento de la producción. En estos ensayos observaron que el contenido en potasio tendía a aumentar en los tratamientos de poca carga de racimos, mientras que el sodio, calcio y magnesio tendían a descender en ese mismo tipo de tratamientos; así las relaciones K/Na y K/Ca+Mg resultaron ser significativamente mayores en este tipo de tratamiento, y señalaron que esas relaciones eran más sensibles a dicho factor que las cantidades absolutas de cada catión estudiado de forma individual. El aumento de potasio en las vendimias de menores producciones se apreció por el aumento de la alcalinidad de las cenizas, en cambio el pH no varió mucho en función de la producción, probablemente porque las concentraciones de cationes y de aniones fluctúan paralelamente. Al comparar tratamientos con distinta cantidad de agua aplicada observaron que en aquellos donde el riego es mayor las cantidades de potasio también lo son así como el valor de ácidos y de pH. Estos autores

establecen relaciones entre el pH, el potasio, y la acidez en función de la diferente disponibilidad de agua así como la producción, y posiblemente también con los niveles absolutos de potasio y el tipo de cultivar.

Boulton (1980) resumió los resultados de varios autores y concluyó que niveles de producción elevados provocan disminución del contenido en azúcar, tamaño de baya y pH, si bien producen un aumento de la acidez, el potasio, el málico y el tartárico; además concluyó que el riego aumenta la producción, tamaño de baya, acidez total, pH y potasio. Estos resultados son distintos a los de Hepner y col. (1985) en cuanto a la incidencia de la producción sobre el potasio, pH, y los ácidos mientras que las conclusiones en cuanto al riego son similares. Estas discrepancias pueden ser debidas a que Hepner y col. (1985) vendimiaron todos los tratamientos teniendo en cuenta un mismo nivel de sólidos solubles totales y no en la misma fecha, y por tanto ese retraso en el momento de la vendimia pudo causar una disminución de los ácidos y aumento del pH.

Freeman y Kliwer (1983) vieron que el ritmo de acumulación de potasio, a medida que aumentan los sólidos solubles totales, sigue un modelo sigmoideal. Las bayas de cepas no regadas, mostraron un mayor tiempo de reposo en el que la concentración de potasio cambió poco en relación con las bayas de cepas regadas. Sus datos muestran que el potasio no compite con los azúcares por llegar a las bayas, ya que tienen distintos modelos de acumulación. Al empezar a acumularse los azúcares, el potasio aumenta rápidamente, le sigue un periodo de lento almacenaje (entre 10 y 17°Brix), y a continuación se incrementa de forma rápida. El riego reduce la fase de aumento lento, y en consecuencia a igual cantidad de °Brix las bayas de cepas regadas tienen mayores niveles de potasio que las no regadas.

Según Matthews y Anderson (1988) el ascenso de potasio es continuado hasta el envero y desciende ligeramente después, tanto en los tratamientos con déficits de agua antes del envero como después del mismo, del mismo modo que el pH fue aumentando a medida que el potasio iba disminuyendo.

3.3.3.2.- Radiación solar y temperatura

Crippen y Morrison (1986) determinaron las temperaturas de los racimos con iluminación directa y la de aquellos que se encontraban situados de forma natural a la sombra, observando que las temperaturas de los sombreados eran más bajas por el día y más elevadas por la noche con respecto a los que estaban iluminados. Señalaron distintos modelos de acumulación

para el potasio en función de que el cálculo de su contenido se realice por baya o en concentración. La evolución (expresada en concentración) mostraba un descenso inicial debido a que durante el período de crecimiento rápido de la baya se produce una absorción lenta de potasio, y un posterior aumento debido al efecto combinado del menor crecimiento de la baya y la mayor velocidad de absorción del potasio. No existen diferencias significativas entre el contenido en potasio en la fruta expuesta al sol y la que está a la sombra.

Aunque la mayoría de los trabajos se han concentrado en el microclima de los racimos, se ha sugerido que el sombreado de las hojas puede jugar un papel importante en los cambios composicionales de las bayas (Crippen y Morrison, 1986).

Morrison y Noble (1990) observaron en experiencias con sombreado de las hojas, que además de un retraso en la maduración, el valor de pH y los contenidos de potasio eran mayores que los encontrados en los tratamientos sin sombreado, a igualdad de niveles en azúcar o málico, lo que está de acuerdo con trabajos previos (Rojas-Lara, 1989; Smart, 1985). Esto sugiere que hay efectos específicos del sombreado de las hojas en la acumulación del potasio en la baya que no están relacionadas con el retraso en la maduración.

Freeman y Kliever (1984) sugirieron que el potasio se mueve desde las hojas hacia las bayas de los racimos que están madurando, sin embargo Williams y col. (1987) demostraron que las altas concentraciones de potasio que se acumulan en la fruta después del envero, proceden en último término del suelo, y no del potasio almacenado en las hojas. Los altos niveles de potasio en las uvas de las cepas con sombreado de hojas, señalan que durante la maduración de las bayas, el camino mayoritario de movimiento del potasio desde el suelo al racimo, es el camino indirecto desde las hojas a través del floema, más que por translocación directa desde el xilema a los racimos. Esta hipótesis se apoya en la evidencia de la interrupción que sufre el xilema hacia la baya al inicio de la maduración (Düring y col., 1987), que evita la llegada de calcio a las bayas, pero no la de potasio.

Rojas-Lara y col. (1989); Smart y col. (1985), y Bledsoe y col. (1988); observaron que las bayas que procedían de cepas totalmente sombreadas, tenían una concentración de potasio mayor que las bayas que procedían de cepas totalmente expuestas al sol, existe por tanto una correlación negativa entre la concentración de potasio y la exposición al sol. La cantidad de este catión por baya va aumentando en todos los tratamientos a lo largo del proceso de maduración, aunque en este caso los valores son menores en el tratamiento de sombreado que en los expuestos

a radiación solar, sugiriendo que el hecho de la mayor concentración en los tratamientos de sombreado sea debido al efecto de un reducido crecimiento de la baya.

El tratamiento de sombreado de las hojas más que el de los racimos influye fundamentalmente en el contenido en málico y en el de potasio, y así el valor de pH también fue mayor y menor el del azúcar.

3.4.- FRACCION NITROGENADA

3.4.1.- GENERALIDADES

Se han encontrado, tanto en el mosto como en el vino, un gran número de sustancias que contienen nitrógeno, tales como amonio, aminoácidos, proteínas, vitaminas, aminos y nitratos. La proporción de nitrógeno en el mosto es extremadamente variable dependiendo de una serie de factores como son la región de procedencia, los distintos tipos de cepas, el estado de maduración, las condiciones de cultivo, las condiciones climatológicas del año, la preparación de la muestra y el método de análisis (Castino, 1988).

Así, la cantidad de nitrógeno en la madurez (0,2-2 g/L) es una característica de la variedad, de modo que en las mismas condiciones de cultivo las variedades Cabernet Sauvignon, Malbec y Sauvignon son más ricas en nitrógeno que la Sémillon y la Merlot.

Ough y Stashak (1974) mostraron que la cantidad de nitrógeno que es absorbido por las cepas para ser convertido en nitrógeno amínico va a depender del vigor de las cepas, de los rizomas así como de las condiciones nutricionales. Muchos compuestos que contienen nitrógeno entran en el metabolismo de una gran parte de sustancias, algunas de las cuales tienen una gran importancia por sus propiedades sensoriales.

Las materias nitrogenadas en el mosto se encuentran en cantidades apreciables y se pueden agrupar como: compuestos inorgánicos entre los que destaca el catión amonio, y de origen orgánico que incluiría α -aminoácidos elementales y polímeros que comprenden desde dipéptidos hasta proteínas sencillas de elevado peso molecular.

Dentro del grano de uva se sabe que el contenido en nitrógeno de la pulpa es relativamente bajo (15%), mientras que las concentraciones presentes en el hollejo y en las semillas están en mayor proporción (50%), sólo el 25% se encuentra en el zumo. La prolina y la arginina son los aminoácidos predominantes de la mayoría de las uvas maduras de todos los

cultivares de *Vitis vinifera*, si bien su importancia en la calidad de las uvas y en los vinos no es del todo conocida. Se puede considerar que los valores de prolina oscilan entre el 5 y el 43% del nitrógeno total del mosto, aunque esa cantidad depende del estado de maduración y de la variedad. Ough (1968) mostró que entre el 50-80% del contenido total de prolina (Cuadro 7) se localizaba en el mosto.

Cuadro 7.- Distribución en porcentaje del nitrógeno total y de la prolina en las distintas partes del racimo (Ough, 1968).

Variedad	% de N total				% de Prolina			
	Mosto	Semillas+ Hollejos	Raspón	Pulpa	Mosto	Semillas+ Hollejos	Raspón	Pulpa
Petite Bouschet	18,1	65,3	9,4	7,4	71,7	18,5	4,7	4,9
Petite Sirah	14,0	64,7	8,8	12,4	59,2	26,3	2,3	12,0
Grillo	26,2	51,2	7,5	15,1	62,3	18,4	1,4	17,8
Sauvignon Blanc	28,9	35,6	11,8	17,7	52,5	13,5	12,5	21,3

Los aminoácidos en el mosto son importantes como fuente de nitrógeno para las levaduras durante la fermentación alcohólica, también como nutrientes para las bacterias durante la fermentación maloláctica, y como precursores de sustancias aromáticas como ciertos alcoholes superiores (Huang y Ough, 1989). Así el consumo de aminoácidos por levaduras puede seguir tres caminos: asimilación directa, desaminación y descarboxilación (reacción de Ehrlich) con formación de alcoholes superiores, y óxido-reducciones (Castino, 1988). Es decir, la uva contiene sustancias nitrogenadas que van a disminuir progresivamente a medida que transcurra el proceso de fermentación de los mostos.

Existe una fracción de la materia nitrogenada del mosto que es fácilmente asimilable y va a poder ser utilizada por las levaduras y bacterias en la elaboración de un vino, que está constituida por amonio, presente en grandes cantidades aunque no suficientes para una rápida fermentación, aminoácidos libres y polipéptidos de bajo peso molecular, los aminoácidos mayoritarios en los mostos son la prolina, treonina, ácido glutámico y arginina. La otra fracción nitrogenada no puede ser hidrolizada por los microorganismos y por tanto no se puede utilizar, y está representada por polipéptidos altamente polimerizados; que se caracterizan porque en

función del tamaño molecular que tengan las proteínas producirán floculación al ponerse en contacto con los taninos presentes en las vacuolas (Ribéreau-Gayon y col., 1975).

Los compuestos nitrogenados son de extrema importancia en el crecimiento de las levaduras y a veces pueden ser un factor limitante, por ello la mezcla de distintos compuestos que contienen nitrógeno favorece más el crecimiento de levaduras que la presencia de un único tipo. Además muchos factores como el pH, la deficiencia de vitaminas (factores de crecimiento), y la disponibilidad de oxígeno, afectan a la capacidad de las levaduras para utilizar un particular compuesto que contenga nitrógeno como fuente del mismo.

El contenido de nitrógeno amínico libre se ha usado como indicador del nitrógeno total disponible en el mosto, por eso los análisis químicos van a sobreestimar la cantidad de nitrógeno disponible, si bien no todo ese nitrógeno va a poder ser utilizado por las levaduras.

El segundo nutriente más importante para la fermentación, además del contenido en azúcar, es el nitrógeno asimilable tanto por la cantidad como por la composición de esa fracción nitrogenada. Varios estudios (Ough y col., 1991) muestran la preferencia de las levaduras por el amonio y otros aminoácidos distintos de la prolina. Así entre los cambios generales que ocurren en el mosto durante el proceso de la fermentación y crecimiento de las levaduras destaca la rápida disminución del catión amonio que desaparece casi por completo y la rápida eliminación de la mayoría de los aminoácidos del jugo de uva, es decir, el paso de mosto a vino va acompañado de consumo por las levaduras de esas sustancias y una disminución de la cantidad de nitrógeno total en el vino final (Amerine y Ough, 1988). La concentración de prolina en el jugo de uva será probablemente mayor en el mosto que en el vino obtenido después de las condiciones normales de fermentación, ya que normalmente durante el crecimiento de las levaduras y fermentación del mosto por ellas no se elimina la prolina sino que se incrementa en el vino, y solo se utilizará este aminoácido en condiciones extremas.

El catabolismo de la prolina como fuente de carbono y de nitrógeno por parte del microorganismo que participa en el proceso de la fermentación, requiere la síntesis de enzimas como la prolina-permeasa y la prolina-oxidasa, necesitándose una activación de estos dos enzimas por el sustrato. Las levaduras tienen un sistema de transporte en la membrana que lo pueden utilizar para secretar la prolina al medio, la permeasa responsable puede ser reprimida por el amonio y por el resto de aminoácidos presentes. La prolina oxidasa, es el enzima que participa en la primera reacción catabólica de la prolina, requiere la participación del citocromo

C, que a su vez necesita la presencia de oxígeno molecular para su regeneración, de modo que si el medio es anaerobio va a ocurrir poco catabolismo.

El amonio y algunos aminoácidos, como la glutamina, pueden reprimir e inactivar irreversiblemente la permeasa que es responsable del transporte de la prolina, incluso también la oxidasa (Courchesne y Mangasanik, 1983; Ough, 1974). En el momento en que esos aminoácidos han disminuido en cantidad suficiente cesa la represión sobre la prolina-permeasa, y la fermentación se ha completado así casi de forma anaeróbica. De hecho, las levaduras en ese momento, han sintetizado suficiente cantidad de prolina para su uso y en algunos casos lo excretan al medio. Por eso el que se consuma después más prolina no es debido a una aireación posterior, sino a una disminución de la cantidad de nitrógeno que inhibía a ese enzima, y así la prolina no es una fuente de nitrógeno desperdiciada.

Ough y Stashak (1974) observaron que la prolina sólo se metabolizaba por las levaduras bajo condiciones severas de disponibilidad de nitrógeno, si bien el amonio inhibe la utilización de la prolina incluso sin la presencia de otros aminoácidos. También se comprobó que la presencia de glutámico, que es el precursor de la prolina metabólicamente, no reprime totalmente el uso de la prolina.

Monteiro y Bisson (1991) comprobaron que determinadas fuentes de nitrógeno son más fácilmente convertidas en intermediarios biosintéticos (glutamato, glutamina y amonio) que otros, o requieren menos energía para su degradación, permitiendo mayor rapidez en el crecimiento. Las levaduras no poseen toda la maquinaria enzimática para degradar todos los aminoácidos, como es el caso de la histidina y la lisina.

Los procesos que pueden aumentar la presencia de sustancias nitrogenadas en el vino son la autólisis de las levaduras y la maceración de las partes sólidas de las uvas en la vinificación en tinto, debido a que estas técnicas de vinificación utilizan altas temperaturas y favorecen la extracción de sustancias nitrogenadas de las pepitas y de los hollejos. Sin embargo en la elaboración de los vinos blancos las temperaturas de vinificación usadas y la presencia de materias sólidas favorecen la insolubilización de la materia nitrogenada.

Coombe y Monk (1979) observan una elevada acumulación de L-prolina y escasa proporción de sustancias nitrogenadas asimilables en los mostos procedentes de zonas australianas. Para compensar esta deficiencia nitrogenada, que puede causar una mala fermentación y elevada producción de H_2S , se suele añadir a los mostos fosfato de diamonio antes y/o durante la fermentación. Es necesario controlar este tipo de prácticas ya que el fosfato de

diamonio puede liberar urea, siendo ésta un precursor del carbamato de etilo que se supone que es carcinógeno. Bajo ciertas condiciones los aminoácidos también pueden ser precursores posiblemente de subproductos indeseables en vinos, como el carbamato de etilo, ya que una de las principales vías de formación de urea es el catabolismo de la arginina (Monteiro y col., 1989).

En algunos casos existe en los mostos una pequeña cantidad de materia nitrogenada presente que puede ser tóxica y suele proceder del uso de ciertos pesticidas y herbicidas, si bien el uso de estas sustancias está estrechamente controlado y regulado.

3.4.2.- ORIGEN Y EVOLUCION

La cantidad de sustancias nitrogenadas va a aumentar de forma continua en el mosto a lo largo de la maduración, de modo que el proceso de eliminación y degradación de estos compuestos nitrogenados comienza con el inicio del proceso de la fermentación alcohólica.

La mayoría de los compuestos nitrogenados del mosto tienen su origen en el metabolismo de las plantas. Esta composición inicial se va a modificar durante el proceso de fermentación del mosto por las levaduras que van a transformar profundamente la fracción nitrogenada, ya que utilizan entre un 60-70% del nitrógeno del mosto, y además pueden secretar ciertos compuestos nitrogenados de su metabolismo, incluso transformar unos en otros.

El catión amonio, los aminoácidos, y los polipéptidos débilmente polimerizados son las formas habituales de migración, ya que el pequeño volumen de sus moléculas les permite circular fácilmente en la planta. El catión amonio, única forma mineral de nitrógeno en las bayas, procede de los nitratos que las plantas toman del suelo y de las degradaciones, mientras que los aminoácidos y los polipéptidos provienen de las hojas. Las peptonas y las proteínas que son moléculas mayores son sintetizadas en la propia baya a partir de los compuestos que le llegan durante la maduración (Ribéreau-Gayon y col., 1975). En ese sentido se observó en estudios anteriores (Kliewer, 1970) que existía un alto grado de correlación entre el contenido total de nitrógeno de las bayas y el de las hojas. Si se considera el grano entero, se observa que al final de la maduración, se ha producido una detención de la migración del nitrógeno y una distribución del mismo por el grano de uva. Las pepitas llegan a la madurez fisiológica antes que la maduración tecnológica del fruto, y comienzan a ceder parte de su nitrógeno en beneficio de la pulpa, así las pepitas llegan a ceder hasta un 15-20 % de su nitrógeno.

Kliewer y col. (1968) no encontraron cantidades elevadas de prolina en las hojas, y tampoco en las raíces, ni en otras partes de almacenaje de la planta, por lo que manifiestan que existe una evidencia indirecta de que la prolina se sintetiza en la propia baya. La relación directa entre los sólidos solubles totales y la prolina en el mosto puede indicar que los enzimas necesarios para su síntesis se relacionan de algún modo con el proceso de maduración de las uvas.

A medida que va transcurriendo el proceso de la maduración se va almacenando nitrógeno en las bayas (Cuadro 8), aumentan progresivamente los aminoácidos, y sobre todo el nitrógeno polipeptídico, mientras que disminuye el catión amonio debido a que se emplea en la síntesis de otras sustancias nitrogenadas orgánicas. En la madurez la cantidad de nitrógeno en la pulpa puede llegar a alcanzar valores cinco veces mayores que en el momento del envero, si bien la cantidad de nitrógeno al final de la maduración es muy característico de la cepa (Ribéreau-Gayon y col., 1975).

Cuadro 8.- Evolución del nitrógeno en el grano de uva, cv. Semillon, expresado en mg de N por 1000 granos (Peynaud y Maurié, 1953).

	25/8	4/9	14/9	24/9	1/10	8/10
Peso (1000 granos)	950	1000	1640	1710	1790	1830
N total	970	1130	1250	1360	1520	1590
N insoluble:						
-Pepitas	435	444	474	400	394	386
-Hollejo	345	208	481	620	770	865
N soluble de la pulpa:	195	208	292	341	354	363
-NH ₄	95	64	80	68	85	98
-NH ₂	75	98	128	150	138	139
-N-Proteico	6	16	40	57	63	55
-N-Polipeptídico	19	30	44	66	68	71

El catión amonio o nitrógeno mineral, llega a la baya de una manera continua, pero su concentración no aumenta, sino que generalmente disminuye porque se dirige a la formación de otras sustancias nitrogenadas orgánicas, ya que a partir del envero se inicia una síntesis activa de proteínas.

Lafon-Lafourcade y Guimberteau (1962) trabajando con uvas de la variedad Merlot y Cabernet Sauvignon (Figura 26) encontraron que en el curso de la maduración aumenta la cantidad de aminoácidos libres, como la prolina, serina y treonina, tanto en la baya como en el mosto. En la baya herbácea la proporción de nitrógeno aminado es bajo y es a partir del envero cuando la uva comienza a sintetizar cantidades sensibles de aminoácidos, y de moléculas más pesadas como hexosaminas. El aumento de nitrógeno aminado es proporcionalmente menos importante que el de nitrógeno total.

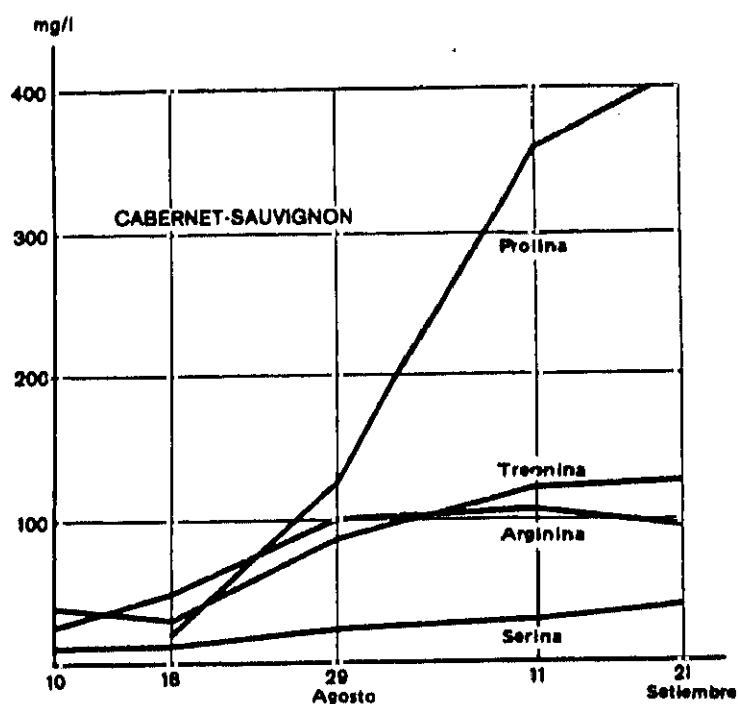


Figura 26.- Evolución de ciertos aminoácidos durante la maduración (Lafon-Lafourcade, 1962).

Kliewer (1968) encontró que el total de aminoácidos libres aumentaba de dos a cinco veces durante la maduración, siendo la arginina y la prolina los aminoácidos predominantes en la mayoría de las variedades. Este autor posteriormente (1970) comprobó que en el periodo comprendido entre la fase herbácea hasta el final de la maduración la concentración de prolina y del ácido glutámico, en algunas variedades, alcanzaban valores de dos a seis veces mayores al valor inicial, comprobando que el nitrógeno de los aminoácidos libres constituye el 60-90 % del nitrógeno total del jugo de uva. Es necesario que las medidas de las evoluciones de esos compuestos se hagan en fruta vendimiada procedente de cepas libres de virus, crecidas bajo las

mismas condiciones climáticas, de cultivo y de terreno, y que los valores comparados se realicen en las mismas condiciones de maduración.

Kliewer (1969) especuló que el aumento en concentración de los aminoácidos libres a medida que la fruta madura, puede ser debido a una menor demanda de estos metabolitos en el proceso de crecimiento. El aumento de algunos aminoácidos puede estar relacionado con el descenso del ácido málico y el aumento del enzima málico-deshidrogenasa durante la maduración (Hawker, 1969). Las cantidades elevadas de oxalacetato producidas podrían ser transaminadas directamente para formar aminoácidos o descarboxiladas por el enzima málico a piruvato que podría entonces participar en reacciones de transaminación.

Kluba y col. (1978) comprobaron que la mayoría de los aminoácidos aumentaban en concentración durante y después del envero. Algunos permanecían en el mismo nivel o mostraban tendencias en aumento a través de todo el período de muestreo, y ninguno parecía disminuir. El momento en que un aminoácido comienza a aumentar depende de la variedad.

Peynaud y col. (1961) encontraron que a medida que las uvas maduran, hay un aumento de las formas de nitrógeno que no van a ser fácilmente utilizables posteriormente por las levaduras. Esto podría explicar porqué algunos mostos de uvas sobremaduras fermentan lentamente.

Estudios en uvas y vino (Kliewer, 1968; Ough, 1971) han mostrado que la prolina es el aminoácido en forma libre que está presente generalmente en mayores cantidades.

Las condiciones que causan una acumulación de la prolina son inherentes a las uvas y al metabolismo de las levaduras, así todos los factores que provoquen un aumento de la absorción del nitrógeno, probablemente provocaran un aumento en las cantidades de este aminoácido (Ough, 1974). Independientemente de cuales son esos factores, las razones principales de la abundancia de este aminoácido en el mosto es por un exceso de nitrógeno disponible que hace que se acumule en las bayas a lo largo de la maduración, y en el caso del exceso en el vino es porque es difícil para *Saccharomyces cerevisiae* metabolizar este aminoácido durante la fermentación. Las razones del fracaso de *Saccharomyces* en utilizar este aminoácido como elemento nutritivo prioritario han sido ya estudiadas (Duteurtre y col., 1971).

3.4.3.- FACTORES QUE AFECTAN A LA EVOLUCION DE LA FRACCION NITROGENADA

3.4.3.1.- Riego

La prolina es el principal aminoácido libre en los mostos de la mayoría de los cultivares. Las respuestas de la prolina al nivel de agua todavía no están claras. El estrés hídrico puede inducir acumulación de prolina en las hojas de la cepa y en otras partes de la planta (Ough, 1968; Coombe y Monk, 1979), sin embargo, en las bayas, la cantidad de prolina se relaciona con los sólidos solubles totales más que con el estrés.

Coombe y Monk (1979) no observaron cambios en la concentración de prolina en función del estrés hídrico al que se sometió la planta, mientras que Bravdo y Hepner (1985) encontraron que el riego y las altas cosechas producían una reducción de prolina. También Matthews y Anderson (1988) observaron que en vendimia la concentración de la prolina era más elevada en los mostos procedentes de cepas con bajo nivel de agua, respecto a los que procedían de cepas regadas.

Freeman y Kliwer (1983) a diferencia de los autores anteriores observaron que las bayas de cepas regadas, tienen mayor concentración de prolina que las procedentes de las no regadas, cuando se compara en la misma fecha de vendimia o con el mismo nivel de sólidos solubles totales; así el riego y el aclarado de racimos aumentó la concentración de prolina trabajando con uvas de la variedad de Carignane. El descenso en la cantidad de prolina al aumentar el estrés hídrico, no fue debido a un adelanto en la maduración, ya que la prolina aumentó en todo momento en el proceso de maduración.

Kliwer y Ough (1970) vieron que la concentración de prolina, aminoácidos libres totales, y nitrógeno total era más elevada en el mosto de uvas procedentes de cepas con pocos racimos y bajo peso de cosecha, que en los que procedían de cepas con mayores pesos. Esto se puede explicar por las relaciones entre el origen y el destino de las sustancias, es decir, cuanto mayor sea la superficie de la estructura que origina los nutrientes (por ejemplo el área foliar en el caso de los carbohidratos o el área de las raíces en el caso de la absorción de nitrógeno y almacenaje de aminoácidos) en relación al destino (número de frutos), mayor será la concentración de estas sustancias en la baya. A medida que la carga de cosecha disminuye, existe menos competencia por los compuestos nitrogenados, y así queda una mayor disposición de sustancias para el resto de la fruta. Estas explicaciones las comprobaron con unas relaciones entre el área foliar total por gramo de fruta y la concentración de nitrógeno en el mosto.

3.4.3.2.- Radiación solar y temperatura

Buttrose y col. (1971) observaron que la síntesis o acumulación de prolina en las bayas de la variedad Cabernet comparadas en el mismo estado de madurez fue mayor a 30°C que a 20°C, esto puede ser debido a que la cantidad de nitrógeno disponible aumente cuando las temperaturas sean más elevadas. Sin embargo este hecho no está confirmado ya que en el caso del aminoácido arginina la evolución no transcurrió de la misma manera. Esto puede ser debido al aumento de α -cetoglutarato al aumentar el grado de respiración, después de una aminación reductiva de este ceto-ácido se produce ácido glutámico que es un intermediario en la síntesis de prolina y de arginina.

Winkler y col. (1974) observan que la prolina suele presentarse en mayores cantidades en uvas vendimiadas en años templados que en fríos.

3.5.- COMPUESTOS FENOLICOS

3.5.1.- GENERALIDADES

Los polifenoles constituyen un grupo de metabolitos secundarios en las plantas superiores. Su singularidad radica no solo en su carácter polifenólico o en el rango de sus pesos moleculares, sino en su capacidad para complejarse fuertemente con proteínas, ciertos tipos de polisacáridos y carbohidratos, ácidos nucleicos y alcaloides. Así los caracteres organolépticos (sabor, color, aroma), el valor nutricional, los efectos farmacológicos y fisiológicos de las plantas, así como su descomposición microbiana, son aspectos que van a ser modificados por los polifenoles que contienen. Las distintas especies químicas y la diversidad de su distribución hace que no se les pueda atribuir una única función fisiológica. El contenido de los fenoles totales en las uvas se encuentra alrededor de varios gramos por kilogramo de peso fresco, mientras que el contenido de estos compuestos fenólicos que en el mosto puede oscilar entre 0,5-5 g/L.

Los fenoles presentes en las uvas y sus cantidades relativas, son una función genética de la variedad a la que pertenecen, de las condiciones de cultivo, así como de las influencias ambientales y estacionales que ocurran. La transformación de los compuestos fenólicos se produce muy rápidamente tanto durante el estrujado inicial de la uvas como en la fermentación o en el envejecimiento de los vinos, y además son los sustratos en las reacciones de pardeamiento enzimático en los mostos y de autooxidación en los vinos (Ribéreau-Gayon, 1987; Sapis, 1991; Somers, 1986).

Los compuestos fenólicos tienen una gran importancia en enología ya que intervienen en los caracteres organolépticos del vino (color, astringencia, amargor, dureza, aroma), participan en las transformaciones que sufre el vino (añejamiento, nivel de oxidación y pardeamiento), además de tener efectos fisiológicos en el organismo humano debido a sus propiedades bactericidas y acción vitamínica P. Así las propiedades físico-químicas de los extractos fenólicos, fundamentalmente las procianidinas, catequinas y antocianinas, son las responsables principales de las características de los vinos tintos como sabor, aroma y color (Somers, 1971).

La presencia de estos compuestos en los vinos depende de la tecnología seguida en el proceso de vinificación, es decir, del grado de maceración de las partes sólidas de las uvas en los mostos, de los procesos de fermentación y de las técnicas a las que se someten esos vinos, modificando de ese modo la composición natural de las uvas. Así en el caso de los vinos blancos que se elaboran a partir del jugo de las uvas previa separación de las partes sólidas, la cantidad de sustancias fenólicas es inferior a la de los vinos tintos ya que se evita la disolución de los mismos.

Muchas de las diferencias entre los distintos tipos de vinos, tanto blancos como tintos, son debidas a los diversos grupos y cantidades de fenoles presentes, y a las reacciones que tienen lugar. La diferente composición fenólica entre los vinos puede ser cualitativa, con presencia o ausencia de algunos componentes (por ejemplo la presencia de antocianos únicamente en las variedades tintas), o cuantitativa por la distinta cantidad de los diferentes componentes (Singleton, 1980).

Los compuestos fenólicos poseen una elevada reactividad química, pueden participar en complejas reacciones y una consecuencia de esto es la dificultad de aislar sus estructuras de una determinada muestra (Ribéreau-Gayon y Glories, 1986).

Harborne y Simmonds (1964) proponen una clasificación de estas sustancias en función de la estructura de las moléculas distinguiendo cuatro grupos fundamentales, fenoles sencillos, fenoles flavonoideos, fenoles polimerizados y fenoles minoritarios. En el caso de la uva y el vino se puede hacer una clasificación general de los compuestos fenólicos más representativos según su estructura:

1- Fenoles no flavonoides (C_6 , C_6-C_1 , C_6-C_2 y C_6-C_3): considerados como restos del metabolismo de síntesis de otras estructuras más complejas, y pueden estar en forma libre o

combinada. En la uva están en cantidades muy pequeñas, mientras que en el vino hay una proporción.

-Fenoles sencillos

-Ácidos fenólicos

2- Fenoles flavonoides ($C_6-C_3-C_6$): además de las clorofilas que dan el tono verde vegetales los compuestos flavonoideos y carotenoideos son los pigmentos responsables de los colores que pueden aparecer. Los compuestos carotenoideos se localizan en los cloroplastos y cromoplastos, generalmente suelen aparecer en los frutos maduros de color amarillo o naranja; los flavonoides se localizan en las vacuolas y los compuestos colorados aparecen en flores y frutos sobre todo en los tejidos de la epidermis. Dentro de los flavonoides destacan los responsables del color (antocianos, calconas, auronas, flavonoides amarillos) pueden ser o no coloreados, observándose dos máximos dentro de su espectro, uno en el ultravioleta y otro en el visible. Los flavonoides incoloros en reacciones de copigmentación dan color a los alimentos coloreados; si bien hay que tener en cuenta que algunos flavonoides pueden ser incoloros para el hombre pero visibles para algunos insectos. Destacan compuestos del tipo:

-Catequinas

-Antocianos y sus derivados

-Flavonoides monoméricos

-Flavonoides oligoméricos (Taninos)

Los compuestos flavonoides se localizan en los hollejos, semillas y tejido vascular mientras que los pequeños componentes no-flavonoides están presentes en el jugo vascular fundamentalmente en el mesocarpio. Los fenoles flavonoideos constituyen el grupo más importante entre los compuestos fenólicos de los vegetales y es necesario un proceso de maceración menos prolongado para su extracción de los hollejos. Somers y Pocock (1986) observan que la extracción fenólica en un vino puede incluso llegar a ser inferior al 15% de la cantidad disponible en los hollejos, incluso después de un tiempo largo de contacto con los hollejos.

Estos flavonoides presentan una estructura característica constituida por un esqueleto de 15 átomos de carbono (Figura 27), distribuidos en dos ciclos bencénicos unidos por un

heterociclo oxigenado con tres átomos de carbono, pudiendo quedar cerrado o no, originando un tercer anillo y formando los distintos tipos de flavonoides. Convencionalmente se llama anillo A al núcleo bencénico unido al heterociclo, y anillo B al otro benceno unido por la posición 2 al heterociclo. En la mayor parte de los casos el anillo A está dihidroxilado en posición "meta" y el anillo B puede estar mono, di o trihidroxilado, además estos OH pueden estar parcial o totalmente metoxilados, todo ello permite diferenciar los distintos individuos de un mismo grupo de flavonoides. Las características estructurales de las distintas familias de los flavonoides dependen de los distintos grados de oxidación del heterociclo.

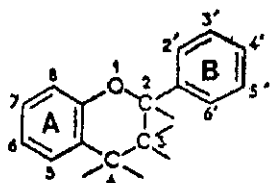


Figura 27.- Estructura general de los flavonoides.

La forma habitual de presentarse en la naturaleza es en combinación con los azúcares mediante uniones O-heterosídicas y con menor frecuencia con uniones C-heterosídicas. La estructura del flavonoide sin glúcido se llama aglucona (se denomina terminado en "ina" salvo en los antocianos que se llama "idina" o "idol") y en el caso de los antocianos son las responsables del color. Los azúcares que normalmente intervienen en los glicósidos son hexosas (glucosa, galactosa), pentosas (arabinosa y xilosa), metilpentosas (ramnosa), o ácidos urónicos. Unidos al azúcar por enlace ester puede haber ácido acético o ácidos cinámicos, estructuras que corresponderían a los llamados heterósidos acilados.

Debido a su diversidad química, la cantidad de fenoles totales deben ser valorados con unidades arbitrarias, o por referencia a un fenol estándar, en mg/L de una manera aproximada. Los componentes fenólicos mayoritarios de *Vitis vinifera* L. son las procianidinas (o proantocianidinas, taninos condensados, flavanos o flavolanos), las catequinas, los hidroxicinamatos, y los pigmentos antociánicos presentes en los hollejos de las uvas tintas.

Todas esas sustancias de carácter fenólico presentan ciertas propiedades que son debidas a la presencia del grupo hidroxilo unido al anillo bencénico, y por otra parte, al ciclo bencénico en relación a la presencia de hidroxilos u otros sustituyentes. Entre las propiedades más importantes destacan:

-carácter ácido: el enlace OH unido al benceno se puede fácilmente romper y el hidrógeno de ese grupo fenólico es el que confiere el carácter ácido. Ese carácter ácido se puede modificar por la presencia de otros sustituyentes que estén en el anillo;

-formación de puentes de hidrógeno: esta facilidad permite asociaciones inter e intramoleculares que pueden modificar las propiedades físicas del compuesto como puntos de fusión, ebullición, solubilidad... Estos puentes de hidrógeno disminuyen la reactividad de los compuestos viéndose afectada su capacidad de formar ésteres o éteres;

-formación de complejos con metales y otras sustancias: se forman quelatos con los metales (Fe, Al, Sn...) que participan así en la coloración de las sustancias y que en algunos casos aumentan la estabilidad de los zumos. También forman uniones con proteínas, pectinas, azúcares etc., formando copigmentos de diversas tonalidades. Estos complejos se utilizan para su identificación y para la medida de estas sustancias a través de los espectros de absorción;

-oxidación: es una reacción muy importante, que puede transcurrir por vía química o enzimática, formándose radicales libres inestables que reaccionan rápidamente para polimerizarse, dando lugar a un oscurecimiento de los tejidos. La mayoría de los flavonoides tienen acción antioxidante, que depende de la presencia de un grupo ortodifenol (en el anillo B), aunque la existencia de tres grupos hidroxilo vecinos potencian el efecto. Esta propiedad se utiliza desde el punto de vista analítico para la medida de estos compuestos como es el caso de la reacción con el reactivo de Folin-Ciocalteu. Todas las características redox de estos compuestos hacen que en el vino actúen como un tampón frente a oxidantes y reductores, permitiendo la elaboración de un vino con buenas propiedades;

-reacciones de copulación: con sales de diazonio que se utilizan para su identificación;

-reacciones de condensación con aldehídos: que dan lugar a la formación de polímeros de alto peso molecular y originan precipitación de fenoles en presencia de formaldehído en medio ácido, dando compuestos de distintas coloraciones;

-solubilidad: depende de su estructura, así la presencia de grupos OH no sustituidos y de azúcares favorece el aumento de la polaridad y por tanto de su solubilidad en agua, mientras que la metoxilación la disminuye. En general se dice que las agliconas son insolubles en agua y solubles en éter, cloroformo, alcohol etc. (disolventes apolares), mientras que los glicósidos son solubles en alcohol, acetato de etilo, acetona etc. (disolventes polares). Por ejemplo las moléculas de antocianos presentan solubilidad en medio alcohólico-ácido;

-propiedades tánicas: se basan en la capacidad de los taninos para unirse a las proteínas, polímeros de celulosa..., así al precipitar los taninos a las proteínas y mucopolisacáridos provocan una sensación de astringencia. Durante el proceso de maduración de la uva aumenta la condensación de los compuestos fenólicos y disminuye la astringencia, ya que las flavonas muy condensadas son menos solubles y se unen a otros componentes; este fenómeno junto con la disminución que se produce del ácido málico son los responsables de que la fruta madura no tenga aspereza a diferencia de la que está verde. En los vinos que presentan una elevada polimerización de estos compuestos se produce una insolubilización, formándose enturbiamientos y depósitos, se pierden las propiedades tánicas, y además se producen coprecipitaciones con el bitartrato potásico.

Se han estudiado distintos métodos cuantitativos para determinar la capacidad de los polifenoles a asociarse reversiblemente con las proteínas. Se sabe que los polifenoles inhiben los enzimas (Goldstein y Swain, 1965), y esta propiedad ha sido utilizada para medir cuantitativamente no sólo las variaciones de la afinidad de las proteínas individuales por distintos polifenoles, sino también la capacidad de otros sustratos para destruir y así modificar esta capacidad de unión (Ozawa y col., 1987). Se sabe que en el proceso de maduración la estructura celular de muchas frutas se modifica, se ablanda y esto va acompañado por una liberación de pequeños fragmentos solubles de pectinas en los que se produce una de-esterificación en algunos de los residuos de metil-D-galacturonato. Parece así altamente probable que la pérdida de astringencia en el proceso de la maduración, pueda ser por la producción de significativas cantidades de fragmentos de la estructura de pectina solubles en agua, a medida que se produce el ablandamiento. Estos polisacáridos solubles tienen la estructura apropiada y se producen en cantidades suficientes para competir con los mucopolisacáridos y proteínas por los polifenoles cuando la fruta llega a la boca, produciéndose una modificación de la sensación de astringencia.

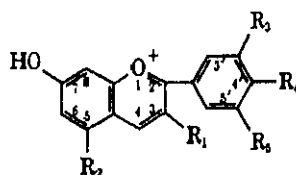
Los compuestos fenólicos en mostos y vinos son una mezcla muy heterogénea y desempeñan un papel importante en los caracteres de los vinos, si bien las sustancias fenólicas de las uvas tintas son más numerosas que las blancas y están constituidos principalmente por antocianos y taninos:

A) Antocianos

Constituyen casi el 50% de la totalidad de los fenoles de las uvas tintas. Son los pigmentos responsables del color rojo característico de las uvas tintas y en la mayoría de las variedades se localizan en las vacuolas de las primeras seis capas de células inmediatamente inferiores a la epidermis en el hollejo, y sólo en algunas variedades llamadas tintoreras se encuentran en las células del mesocarpio con la consiguiente coloración de la pulpa. Las uvas contienen cantidades relativamente grandes de antocianos y otros polifenoles que contribuyen a su aspecto, sabor y calidad. Para que el vino tinto tenga ese color es necesario una maceración y extracción de los pigmentos de los hollejos durante el proceso de vinificación.

Los antocianos son derivados del catión flavilio o 2-benzopirilio (Figura 28) que se diferencian por la naturaleza de la sustitución del núcleo lateral, por el número de glucosas esterificadas, la proporción de la acilación de las glucosas y la naturaleza de los ácidos esterificados. Así por sustitución con grupos OH o CH₂OH en el anillo B se originan las diferentes antocianinas, dentro de las que destacan: cianidina, delphinidina, petunidina, peonidina y malvidina, siendo esta última la más abundante en *Vitis vinifera* L..

Figura 28.- Estructura de los antocianos presentes en la mayoría de las variedades de *Vitis vinifera* (Amerine y Ough, 1988).



Antocianidinas	R ₃	R ₄	R ₅
Cianidina	OH	OH	H
Peonidina	OCH ₃	OH	H
Delfinidina	OH	OH	OH
Petunidina	OCH ₃	OH	OH
Malvidina	OCH ₃	OH	OCH ₃

Derivados

Monoglucósido	R ₁ = glucosa (unido a la posición 1 de la glucosa)
Diglucósido	R ₁ y R ₂ = glucosa (unido a la posición 1 de la glucosa)

Se presentan como monoglucósidos, que pueden estar a su vez esterificados con ácidos acético, cumárico, cafeico y ferúlico principalmente, y casi nunca están libres a menos que se produzca una hidrólisis originando así compuestos más inestables. La inestabilidad de las antocianinas aumenta al hacerlo la hidroxilación en el anillo B, mientras que la metoxilación las hace más estables, por eso los derivados de la malvidina son los más estables.

Los compuestos antociánicos y los flavonoles se esterifican con azúcares, de modo que esas uniones O-heterosídicas se pueden romper liberando las agluconas correspondientes que son más insolubles que los correspondientes glicósidos, por lo que precipitan formando depósitos típicos de los vinos tintos envejecidos, si bien esa hidrólisis no destruye el color.

Los compuestos antociánicos presentan unas propiedades físico-químicas que les permiten cambiar de estructura según el medio en el que se encuentren y eso influye en el color que adquieren esos pigmentos (Ribéreau-Gayon, 1975):

a) En un medio débilmente ácido (Figura 29), la forma coloreada roja está en equilibrio reversible con la incolora, y en condiciones alcalinas se puede producir un color azul de modo que el grado de equilibrio varía en función del valor de pH. La variación del color es debido a la capacidad de los antocianos de existir en cuatro formas estructurales, así los antocianos en el hollejo de las uvas se encuentran en equilibrio entre la sal de flavilio roja, la base anhidro púrpura, y las formas carbinol incoloras (Hrazdina y Moskowitz, 1980). Esos procesos son todos endotérmicos en el sentido de las agujas del reloj, así el calor las desplaza a la forma incolora de la calcona mientras que el enfriamiento y la acidificación favorecen el paso a la forma de catión flavilio (Brouillard, 1982).

b) Los iones bisulfito SO_3H^- se condensan con los antocianos (Figura 29), y suponen una disminución del color por formación de una combinación incolora; al ser una reacción reversible la coloración reaparece a medida que se elimina el SO_2 , bien por evaporación o por adición de un agente que se una fuertemente al bisulfito como es el formaldehído. Los taninos tienen menor sensibilidad frente a la reacción con SO_2 .

c) Por fenómenos de reducción los antocianos también pierden el color, originando la consiguiente decoloración si bien es una reacción igualmente reversible. Las condiciones reductoras durante el proceso de fermentación de los mostos de uva es una de las fuentes de pérdida de color en los vinos tintos.

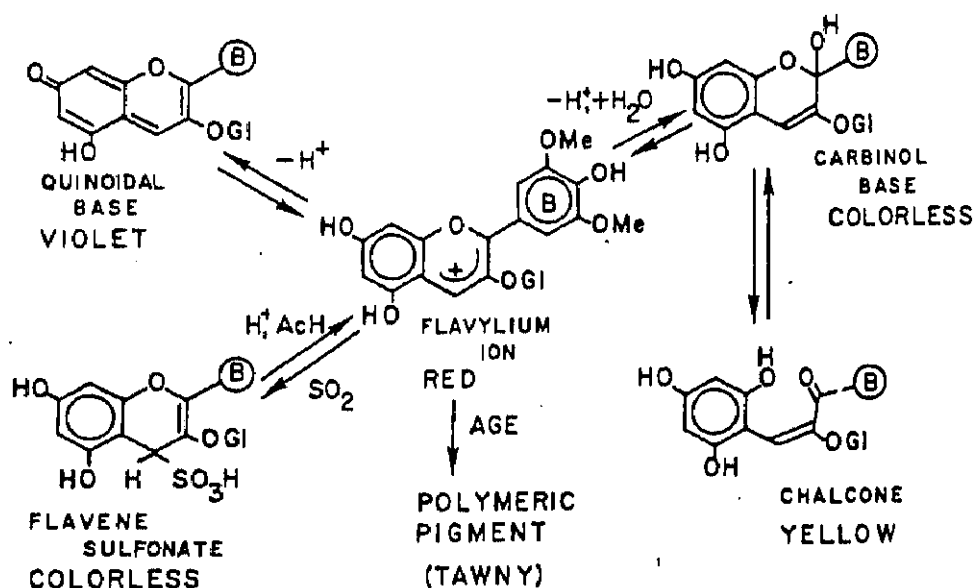


Figura 29.- Reacciones de equilibrio de antocianos (Singleton, 1988).

Sin embargo los fenómenos de oxidación rompen el anillo pirrólico y decoloran la solución. La transformación oxidativa de compuestos fenólicos en polímeros coloreados de estructura quinónica generalmente pardos o negros constituye lo que se denomina pardeamiento enzimático. Está catalizado por la polifenoloxidasas (localizada en el hollejo y partes sólidas de la pulpa) en presencia de oxígeno. Los fenoles de los tejidos vegetales están separados de las fenolasas por membranas de los distintos compartimentos celulares que los contienen, así durante el estrujado de las uvas se rompen las membranas que los mantenían aislados, se ponen en contacto y se producen esos efectos oxidativos. Entre los compuestos con elevada tendencia al pardeamiento están los flavonoides, entre los que destacan los antocianos, catequinas, proantocianidinas, flavonoles y flavonas. El pardeamiento que ocurre en la post-fermentación se debe a procesos no enzimáticos ya que los enzimas están en su mayor parte desnaturalizados (Hooper y col., 1985). Existen unos factores que favorecen el pardeamiento como son las elevados valores de pH, de temperaturas, y presencia de oxígeno.

d) Los antocianos que tengan dos grupos OH en posición orto en el anillo B, forman complejos con metales pesados, como el aluminio y el hierro férrico, y dan una coloración azul.

e) Todos tienen un espectro visible similar, así en solución ácida acuosa poseen una absorción máxima a unas λ comprendidas en la región de 525-535 nm, y una absorción mínima a una λ de 420 nm.

f) Fenómenos de copigmentación tanto intra como intermolecular. El co-pigmento no tiene color por sí mismo, su función es aumentar la estabilidad de las moléculas coloreadas, cuando existe cantidad adecuada. Estos complejos formados tienen mayor intensidad colorante, y los máximos de absorción son desplazados a longitudes de onda mayores.

En el caso de las intramoleculares, se pueden formar complejos de antocianos poliacilados, y en este caso el desplazamiento del color es debido a la presencia de al menos dos ácidos cinámicos unidos al azúcar. La estructura adoptada favorece la protección del grupo pirilium bloqueando el proceso de hidratación, con lo que se reduce la abundancia de formas incoloras carbinol y calcona.

En el caso de las intermoleculares el copigmento no es una molécula de antociano sino otras moléculas (flavonas y flavonoles) que producen el desplazamiento del máximo de absorción en el visible hacia longitudes de onda más altas originando coloraciones más oscuras. Las condensaciones de los antocianos con catequinas dan lugar a una incorporación de esos pigmentos a los polímeros rojos del vino.

Estos pigmentos antociánicos presentan una estructura característica y debido a la deficiencia electrónica del ion flavilium les hace muy susceptibles a la decoloración, es decir a la degradación, favorecida por factores intrínsecos y externos. Esos factores van a ser los responsables de las variaciones del contenido de pigmentos en los hollejos: contenido de azúcar en la piel, actividad de la fenilalanina-amonio-liasa, ciertos enzimas (fenolasas, glicosidasas), pH vacuolar, presencia de oxígeno, efectos genéticos, tamaño de baya, luz y temperatura durante el proceso de maduración (son termolábiles y fotodegradables).

B) Taninos

Se puede decir que en las frutas (cerezas, fresas, uvas..) el contenido de taninos varía entre un 0,2 y un 1% en peso fresco, mientras que en las verduras la concentración podría situarse alrededor de un 15%. Singleton (1980) observa que en el caso de las uvas tintas el 50% de los taninos se localizan en el hollejo, mientras que en las uvas blancas sólo el 25% siendo en este caso las semillas el lugar principal de acumulación.

Los taninos son sustancias polimerizadas cuyas unidades monoméricas son fenoles, y según la naturaleza de esas moléculas simples se distinguen los taninos condensados (más abundantes y ampliamente distribuidos) y los hidrolizables. Los taninos tienen unas propiedades fisico-químicas y biológicas muy especiales, como: capacidad de unirse a proteínas y carbohidratos.

Los taninos de la uva pertenecen al grupo de los condensados, son compuestos oligómeros y polímeros de 3-flavanoles (catequinas) y sobre todo de 3,4-flavandioles (leucoantocianidinas) unidas por enlace carbono-carbono, que no son susceptibles a la hidrólisis. Al calentar los taninos en medio ácido se rompe el enlace interflavano dando como productos de degradación monómeros de antocianidinas, por eso se los denomina proantocianidinas. Las proantocianidinas más polimerizadas suelen ser más abundantes que los oligómeros dímeros y trímeros, pero se caracterizan peor; Haslam (1989) observa que las proantocianidinas polimerizadas solubles están compuestas enteramente por unidades de 3-flavanol.

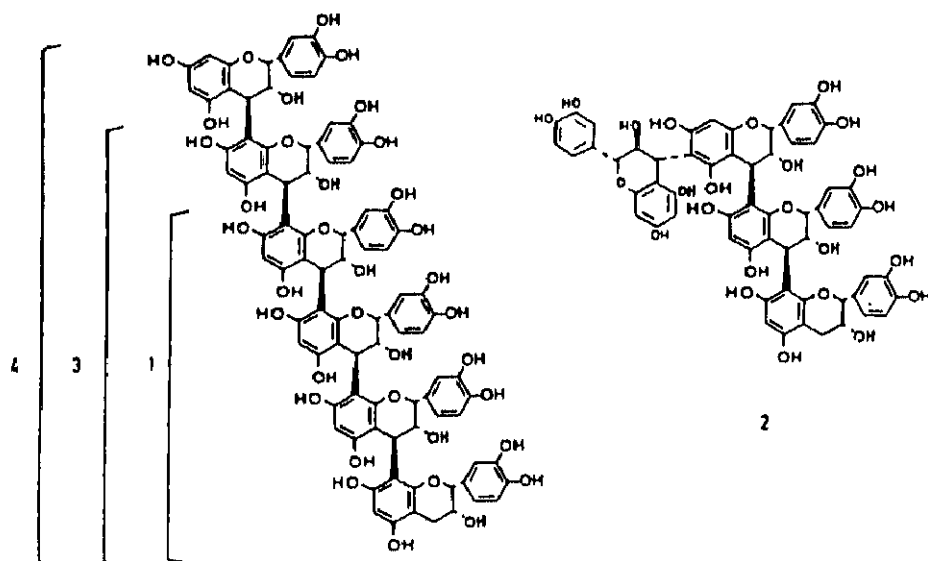


Figura 30.- Estructuras formadas a partir de 3-flavanoles: 1= tetrámero de epicatequina, 2= trímero de epicatequina y una catequina, 3= pentámero de epicatequina, 4= hexámero de epicatequina (Bourzeix y Kovac, 1989).

El término de leucoantocianidinas (tanto monómeras como polímeras) también conocidas como 3,4-flavandioles se utiliza desde 1920 para designar a los productos naturales que se caracterizan porque por calentamiento en medio ácido originan antocianidinas rojas.

Posteriormente Freudenberg y Weinges (1962) designaron con el nombre de proantocianidinas a las sustancias capaces de transformarse en antocianidinas por calentamiento en medio ácido lo que equivale al anterior término; así Haslam (1982) definió las leucoantocianidinas como monómeros de proantocianidinas y a las proantocianidinas condensadas como oligómeros de 3-flavanoles (Figura 30). La complejidad de estos compuestos se debe a los distintos tipos de monómeros que los constituyen, al elevado número de ellos que se van a unir, así como al tipo de unión que se establece. Las procianidinas condensadas corresponderían a los taninos condensados (Weinges y col., 1968).

Las leucoantocianidinas, se transforman en antocianidinas, por calentamiento en medio ácido, si bien esa reacción no es total ya que incluye sólo una pequeña parte de las moléculas, el resto soporta una condensación que conduce a productos marrón-negruzco insolubles que son los flovafenos, lo que las diferencia de las catequinas, ya que éstas, en las mismas condiciones, se transforman íntegramente en flovafenos. La polimerización de esas moléculas se denomina flavolano.

Según Ribéreau-Gayon y Stonestreet (1966) los flavanos se encuentran en los tejidos vegetales y por tanto en la uva y el vino; las posibles formas en las que pueden encontrarse son:

- formas monómeras: que comprenden distintas catequinas;
- formas débilmente polimerizadas: de 2 a 10 moléculas elementales que se unen con las proteínas, y las confieren las propiedades de taninos (astringencia), siendo esas propiedades más acusadas de dímeros a tetraméros;
- formas fuertemente polimerizadas: que comprenden más de 10 moléculas elementales, y se unen más energicamente a las proteínas, disminuyendo las propiedades tánicas, hasta desaparecer al ir aumentando el peso molecular.

La fracción de taninos la forman una mezcla molecular heterogénea de pigmentos poliméricos fenólicos, sin conocer en todos los casos exactamente su constitución. Son más oscuros que las antocianinas, y presentan una mayor absorbancia en la región de 400-500 nm, y el máximo en el visible entre 535-540 nm (Somers, 1968). Los pigmentos de taninos representan la mayor proporción de los fenoles totales en todas las variedades, sin embargo el pequeño aporte de esta fracción al color total es debido al menor valor del coeficiente de extinción comparado con el de las antocianinas.

La existencia de una fracción de pigmentos poliméricos, tanto en uvas como en vinos tintos, ha sido manifestado, así como su importancia frente a las antocianinas monómeras (Somers, 1968).

Las catequinas y proantocianidinas son más abundantes en los tejidos lignificados, así las semillas de las uvas y los raspones son mucho más ricos que los hollejos y la pulpa (Singleton y Esau, 1969; Bourzeix y Kovac, 1986). Las cantidades presentes en las distintas partes de las uvas van a influir en la proporción que aparece en el vino, según el proceso de vinificación seguido, si bien la cantidad de catequinas y proantocianidinas que quedan después de la vinificación en las semillas todavía sigue siendo elevada, pudiéndose usar estos restos para otros propósitos como son los cosméticos o farmacológicos. El estudio de estas sustancias tanto en las uvas como en el vino ha sido de gran importancia por su repercusión positiva en la alimentación humana al ser capaces de captar radicales libres y su relación con enfermedades vasculares.

3.5.2.- BIOSÍNTESIS Y CATABOLISMO

Los compuestos fenólicos provienen del metabolismo secundario de los vegetales, siendo los productos de partida de la lignina y celulosa de las plantas. Los hidratos de carbono sintetizados en las hojas y en los frutos se degradan para obtener la energía que necesita la planta, siendo una pequeña parte utilizada para sintetizar distintas sustancias entre las que se encuentran los compuestos polifenólicos. Los avances en los estudios de la biosíntesis de estos compuestos han sido gracias a las experiencias realizadas a nivel enzimático y a los trabajos con elementos trazadores. El almacenamiento de los compuestos fenólicos se produce en todos los órganos de la planta (hojas, ramas, raíces, flores y frutos), pero preferentemente en las capas epidérmicas y subepidérmicas, si bien existen algunas excepciones como es el caso de algunos frutos que se encuentran en el pericarpio (naranja roja, uva tintorera) o de raíces como la remolacha.

Los flavonoides se sintetizan sólo por los vegetales a nivel celular y se localizan en las vacuolas si bien no se cree que éstas sean el lugar de la biosíntesis. Se conocen los pasos de los distintos procesos de biosíntesis, excepto en el caso de los antocianos en los que ciertas etapas no están totalmente definidas.

La cepa construye a partir de moléculas elementales de 15 átomos de carbono, diferentes compuestos fenólicos condensados en función de las condiciones naturales de maduración (Ribéreau-Gayon y Glories, 1980).

A) Biosíntesis

Tanto Ribéreau-Gayon (1968) como Harborne (1975) han demostrado que la biosíntesis de los compuestos aromáticos de la planta tiene como punto de partida los hidratos de carbono, y en el caso de los compuestos fenólicos los precursores principales son los ácidos siquímico y acético, existiendo por tanto dos vías metabólicas (Figura 31).

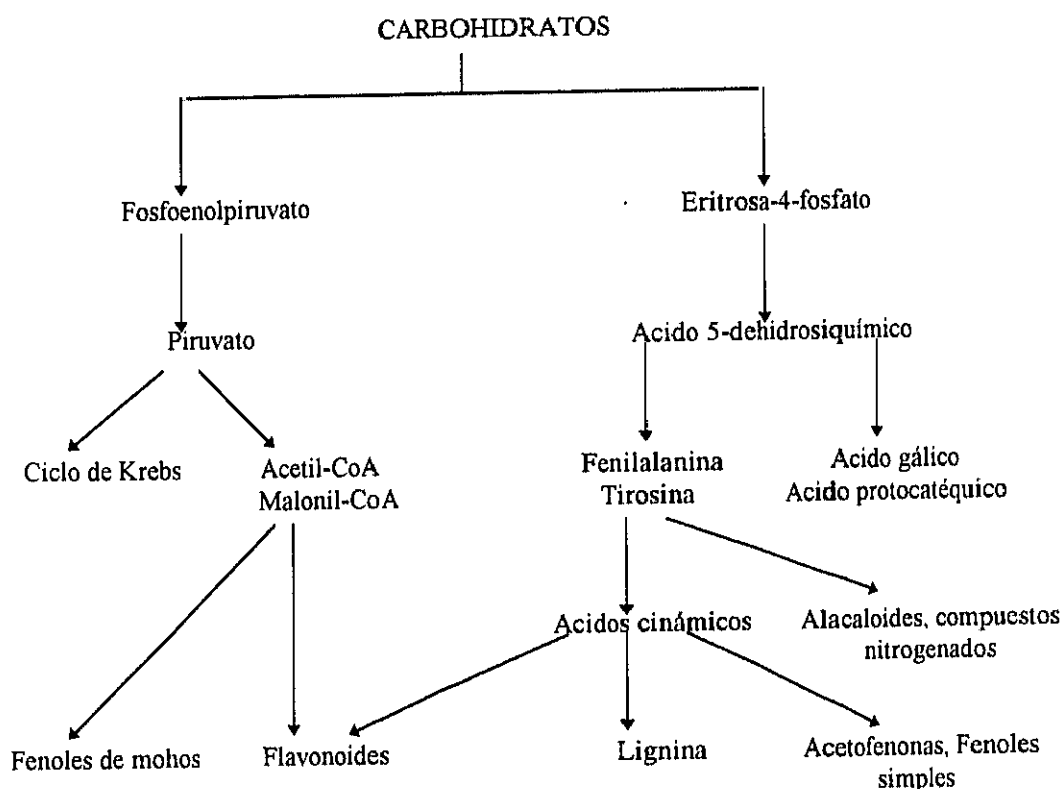


Figura 31.-Esquema de los fenómenos de síntesis de los flavonoides en las plantas superiores.

La formación de compuestos aromáticos a partir de la glucosa con el siquímico como intermediario, fue demostrada por Davis (1955) al estudiar la síntesis de los aminoácidos aromáticos por ciertos microorganismos, y hay razones para creer que en los vegetales superiores esta vía funciona del mismo modo. El uso de marcadores permitió identificar los intermediarios que participaban así como los enzimas en juego en esos mecanismos, aunque no todos están bien determinados. Por esta vía el ácido siquímico origina la fenilalanina (precursor común de la mayoría de los polifenoles en las plantas superiores) y la tirosina a través del ácido prefénico,

esos aminoácidos aromáticos dan lugar a los ácidos cinámicos (especialmente el p-cumárico, cafeico y ferúlico) ampliamente distribuidos en las plantas y que desempeñan un papel importante en la biosíntesis de ligninas, flavonoides y otros compuestos relacionados; dichos ácidos no se encuentran en forma libre sino como ésteres.

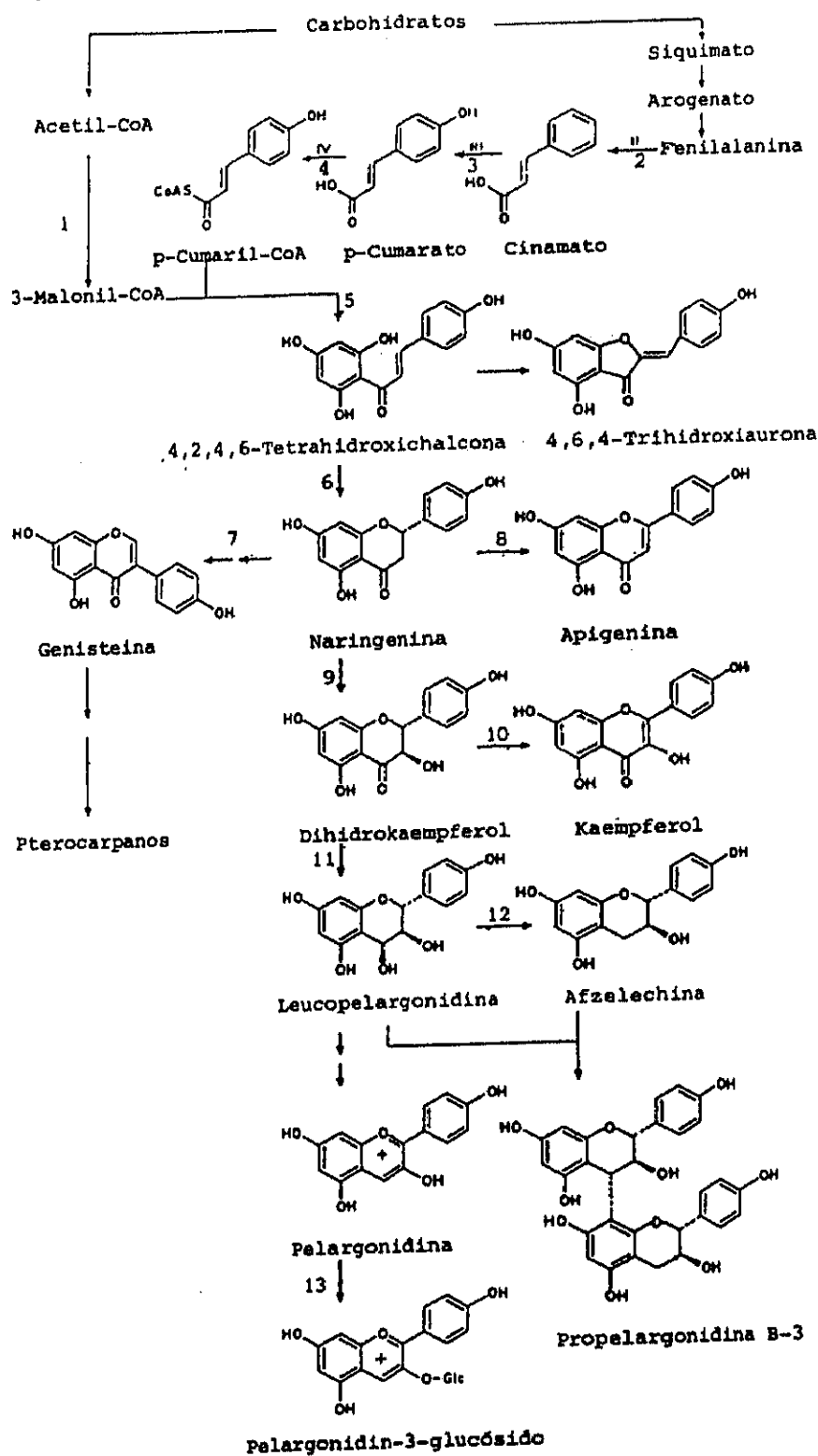
Las primeras aportaciones de formación de compuestos aromáticos a partir de unidades de acetato, se deben a Birch y Dnovan (1953). La unión de tres moléculas de ácido acético con una molécula de ácido, bajo la forma de acil-CoA, da un compuesto que puede ser posteriormente ciclado siguiendo distintos caminos; si el ácido que interviene en la condensación es un ácido cinámico conduce a una calcona y posteriormente a diferentes flavonoides (Figura 32).

Por tanto los dos precursores, 4-cumaroil-CoA y malonil-CoA, son derivados de los carbohidratos, siendo el primero el que origina el anillo B y el heterociclo oxigenado mientras que el segundo forma el anillo A. El malonil-CoA se sintetiza a partir de un intermediario de la glucolisis, acetil-CoA y CO₂, mientras que el 4-cumaroil-CoA tiene un origen más complejo a través de la vía del siquimato (principal vía de los aminoácidos aromáticos en plantas superiores) siguiendo la ruta de las pentosas-fosfato. El paso de la fenilalanina a trans-cinamato por el enzima fenilalanina-amonio-liasa (PAL) es el que une el metabolismo primario con la vía de los fenilpropanoides. El paso fundamental en la biosíntesis de flavonoides es la condensación de tres moléculas de malonil-CoA con el ester del ácido hidroxicinámico como CoA (normalmente 4-cumaroil-CoA) para dar como intermediario una calcona de 15 átomos de carbono.

Ebel y Hahlbrock (1982) vieron que sobre la calcona, que es el primer intermediario para la biosíntesis de toda clase de flavonoides (Figura 33), se induce una isomerización por una calcona isomerasa, produciendo una flavanona (naringenina), que después de una serie de diferentes reacciones catalizadas por enzimas, nos conducen a la formación de flavonas, flavonoles, isoflavonas, catequinas o antocianinas. Se conoce poco acerca de la transformación final en antocianos (Ebel y col., 1982; Hrazdina, 1982), pero parece evidente que en todos los casos las siguientes modificaciones ocurren de un modo similar: hidroxilación, metilación, glicosilación, y esterificación de los glucósidos (principalmente con ácidos hidroxicinámicos y alifáticos), dando la gran variedad de flavonoides encontrados en la naturaleza.

Debido a la ausencia de pelargonidina en el contenido antociánico de las Vitáceas, se cree que la primera hidroxilación del anillo B probablemente ocurre en la flavanona inicial, haciendo que la cianidina sea el primer pigmento en los hollejos de las uvas (Hrazdina y col., 1982).

Figura 32.- Esquema de la posible ruta de biosíntesis de los flavonoides



El comportamiento bioquímico de los antocianos está muy relacionado con la reactividad de otras clases de flavonoides, y así se asume que la glicosilación y esterificación son los últimos pasos de transformaciones de flavonoides y que las agliconas son los últimos sustratos eficaces de hidroxilasas y metiltransferasas. A diferencia de las agliconas de las flavonas y flavonoles, las antocianidinas casi no aparecen en la naturaleza y nunca se han observado en los extractos que no han sido previamente concentrados, y así cuando apreciaron presencia de malvina fue debido a un exceso de calentamiento en el proceso de concentración que pudo producir una hidrólisis. Los primeros productos estables en la biosíntesis de antocianinas son los 3-O-glicósidos

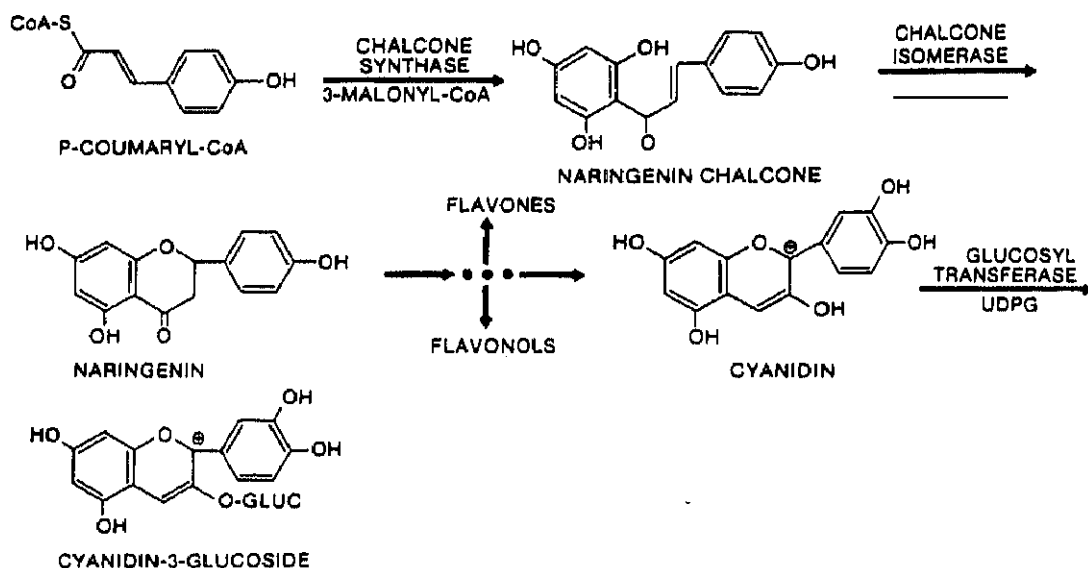


Figura 33.- Ruta metabólica que conduce a la formación de antocianos a partir de la p-cumaroil-CoA, la cual procede de la fenilalanina (Hrazdina y col., 1984).

fundamentalmente con la glucosa. La primera hidroxilación se cree que ocurre en el anillo B de la flavanona inicial, posteriores hidroxilaciones y metilaciones de los grupos hidroxilo llevan a las distintas estructuras de los flavonoides, así la pelargonidina que es la primera antocianina estable por hidroxilación da la cianidina que es el primer pigmento que ya se ha encontrado en los hollejos de las uvas. La cianidina es el pigmento más primitivo (Hrazdina, 1982) y debido a su estructura de orto-difenol le hace muy sensible a la acción de las polifenoloxidasas (Cash y col., 1976), favoreciendo así que se transforme en los pigmentos más estables como son la peonidina o malvidina. La transformación de la cianidina en pigmentos más estables requiere de dos enzimas (Figura 34):

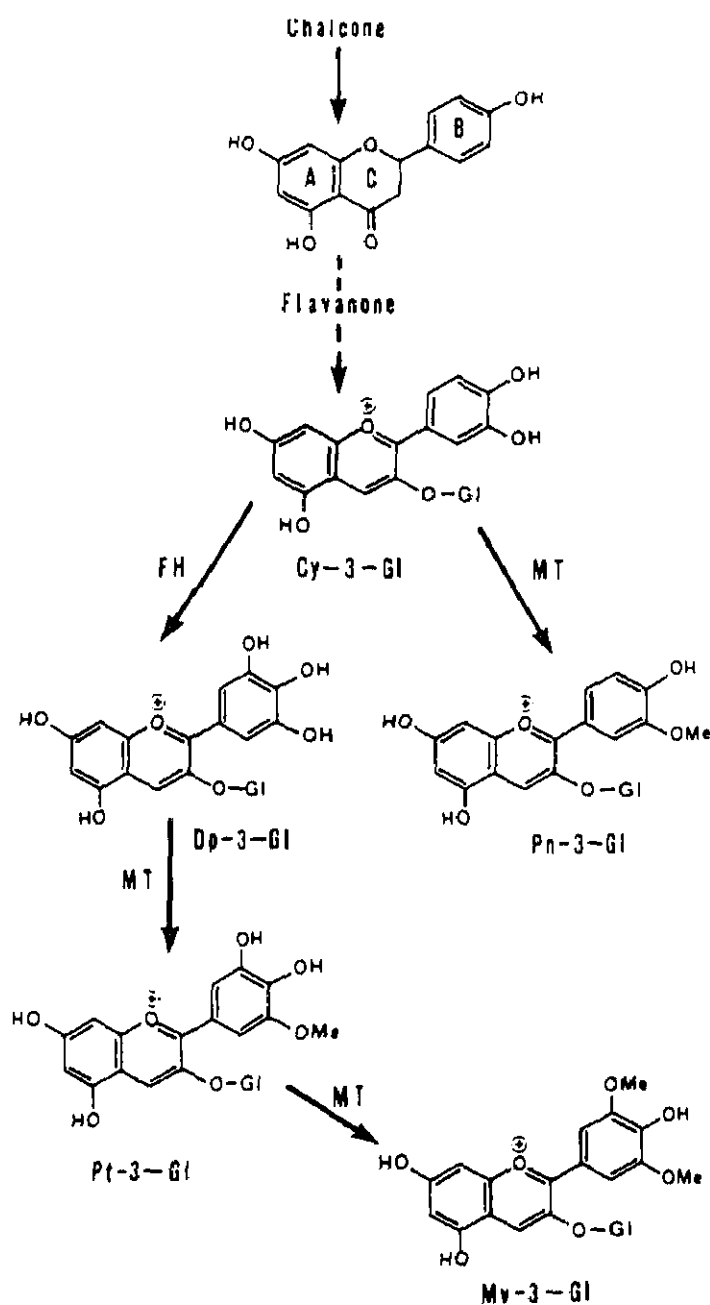


Figura 34.- Esquema de las reacciones relacionadas con la biosíntesis de los antocianos: FH= flavonoide-3'-hidroxilasa, MT= O-dihidroxifenol-O-metiltransferasa (Roggero y col., 1986).

-la flavonoide-3'-hidroxilasa (FH), capaz de transformar cianidina en delphinidina, y quizás peonidina en petunidina;

-la metiltransferasa (MT), responsable de la metilación de las funciones fenólicas en las posiciones 3' y 5' por la transferencia de grupos metilo de S-adenosín-metionina, induciendo transformaciones de cianidina en peonidina, delfinidina en petunidina, y petunidina en malvidina. Estos enzimas no muestran actividad hacia los monofenoles, y en todos los casos el grupo OH en 4' permanece sin cambiar.

La presencia en las plantas de flavonoides puede ser controlada por factores endógenos o inducida por otros factores externos, como es el caso de la luz, fenómenos de estrés (pH elevado, ciertas proteínas o ácidos nucleicos, iones de metales pesados, herbicidas). La identificación de inductores en la biosíntesis de antocianos y otros compuestos fenólicos en plantas, especialmente en las uvas, es de considerable importancia ya que estos compuestos contribuyen a la calidad de la fruta. La fenilalanina-amonioliasa (PAL), es generalmente el enzima clave en la ruta del siquimato que canaliza la fenilalanina fuera de la síntesis de proteínas hacia compuestos flavonoides o de antocianos. Así todos los factores que influyan en la actividad de la PAL, tendrán una importante incidencia en la síntesis y acumulación de los antocianos en las uvas. Se encontró actividad de la PAL en las capas de células epidérmicas de las bayas, pero no en el mesocarpio (Roubelakis-Angelakis y Kliewer, 1986). Posteriormente se sugirió que la síntesis de antocianos y otros polifenoles en los hollejos puede ser regulada por el nivel de carbohidratos, aunque posteriormente no se verificó esta relación. Roubelakis-Angelakis y Kliewer (1986), mostraron que la actividad de la PAL puede ser modificada (activada o no) por varios factores como la luz, infecciones, etileno, auxinas, carbohidratos etc., así la sacarosa sola o junto con etefón (ácido 2-cloroetil fosfónico) causaban un aumento de la actividad. En las bayas se observó un aumento paralelo de la actividad de este enzima y de la acumulación de antocianos en los hollejos a medida que progresa la maduración.

Pirie y Mullins (1976,1980) trabajaron en tejidos aislados de hojas y frutos y encontraron que los carbohidratos endógenos podían actuar como un disparo en la acumulación de antocianos y otros fenoles, si eso fuese cierto cualquier cambio en la concentración de los azúcares de la piel, modificará los antocianos o fenoles totales. Posteriormente se observó que los niveles de estos compuestos pueden cambiar al aplicar luz y/o etefón, sin que se aprecien cambios significativos en los valores de carbohidratos en el hollejo (Wicks y Kliewer, 1983). Estos autores afirman que la acumulación de pigmentos en la piel se debe más a cambios en factores ambientales tales como la luz y temperatura que a cambios hormonales.

Los mecanismos químicos y enzimáticos que intervienen en la polimerización de los taninos no son bien conocidos. Las características de los taninos son debidas a esa condensación, observando que los flavan-3,4-dioles se polimerizan más fácilmente que los flavan-3-oles y juegan el papel más importante.

Según Ribéreau-Gayon y Glories (1986) la constitución de los taninos es compleja. se forman a partir de una molécula elemental muy reactiva, que es la procianidina, a través de fenómenos de condensación y polimerización (Figura 35). Por fenómenos de oxidación la procianidina se condensa y en asociación con otras moléculas origina los taninos, que tienen color amarillo pálido y una gran astringencia. La procianidina puede polimerizarse sin necesidad de una previa oxidación, formándose taninos condensados de color amarillo-rojo, que presentan menor astringencia. Un mayor grado de polimerización nos lleva a taninos altamente condensados de un color amarillo-marrón, que al alcanzar tamaños suficientemente grandes pueden precipitar. Además esta condensación y polimerización puede ocurrir con otras moléculas distintas de procianidinas como son los polisacáridos y péptidos, que pueden disminuir la astringencia de los taninos.

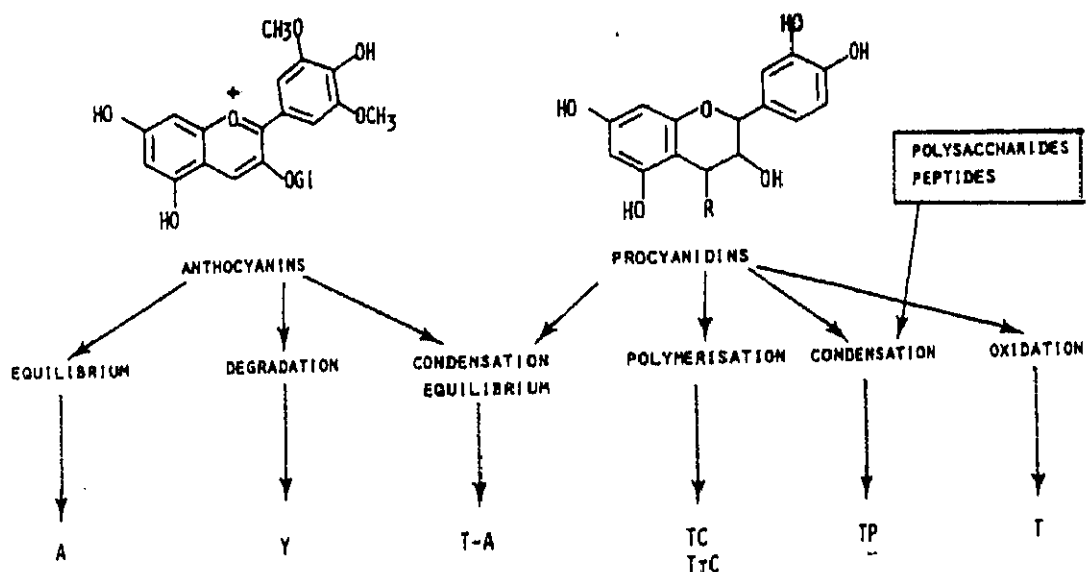


Figura 35.- Reacciones que pueden conducir a los distintos tipos de compuestos fenólicos: A= Antocianos libres, T=taninos, T-A= Taninos-Antocianos, TC= Taninos condensados (Ribéreau-Gayon y Glories, 1986).

Los taninos se pueden condensar también con moléculas de antocianos (Somers y Evans, 1977; Glories, 1984a,b), formando un complejo estable que favorece que los antocianos combinados sean menos sensibles que los antocianos libres a la decoloración por valores altos de pH y mezclas con bisulfito; así en las mismas condiciones de pH, la proporción de moléculas de antocianos en la forma coloreada es mayor cuando se encuentran combinados que en la forma libre. Estas combinaciones con los antocianos garantizan una mejor estabilidad en el color durante el envejecimiento de un vino.

B) Catabolismo

El conocimiento de los procesos de degradación de los compuestos polifenólicos en la uva recolectada es importante a la hora de obtener un vino de calidad. Después de la recolección de las uvas esos compuestos fenólicos pueden sufrir una serie de reacciones químicas que los alteren en función de sus propias propiedades características: hidrólisis, complejación con metales, efecto del pH, oxidación, pardeamiento enzimático etc. Este tipo de reacciones también ocurren en los procesos de transformaciones industriales de esos alimentos (elaboración, conservación, envejecimiento) que repercuten en la calidad final. Por tanto este tipo de cambios en estos compuestos ocurren a partir del estrujado de las uvas mientras que las que suceden propiamente en la baya no son del todo conocidas.

3.5.3.- EVOLUCION

Para estimar la importancia del momento de la vendimia sobre los compuestos fenólicos, es necesario conocer los cambios en su contenido a lo largo del proceso de maduración. Las bayas verdes contienen cantidades significativas de clorofila, a medida que se produce la maduración la concentración descende hasta que el color verde cambia con la presencia de otros pigmentos, los cuales aumentan hasta un máximo al final de este periodo. El color de la baya está en función del tipo de pigmentos que posea (es un factor genético), así la presencia de carotenos o xantófilas da un color amarillento y los antocianos una coloración tinta.

Somers (1971) comprueba que los distintos componentes fenólicos en las uvas tintas, van a sufrir variaciones cuali y cuantitativas en función de variaciones ambientales, técnicas de cultivo y según la variedad que se trate. El estudio de la evolución de estos compuestos es difícil por la necesidad de su extracción a partir de los distintos órganos de la cepa; los resultados

obtenidos a lo largo de la maduración por Ribéreau-Gayon (1971, 1972) a partir de los hollejos y de las semillas figuran en el Cuadro 9 (realizan una extracción con una solución hidroalcohólica, practicando tres extracciones a temperatura ambiente y otras tres con calor lo que permite el estudio de la facilidad de estos compuestos para pasar del tejido vegetal a la solución que es importante tecnológicamente).

Es importante diferenciar donde se va a estudiar la evolución de estos compuestos: en el extracto de los hollejos, o bien en el jugo extraído del estrujado de la uvas.

El hollejo es la fuente más importante de la baya para la extracción de fenoles en el proceso de vinificación. En extractos (metanol:agua) de tejidos con células que tienen una concentración de fenoles relativamente alta, se comprueba que éstos representan el 90-95% de sustancias que absorben luz a 280 nm.

Cuadro 9.- Evolución de los compuestos fenólicos en el curso de la maduración (g/L) en bayas de la variedad Cabernet-Sauvignon (Ribéreau-Gayon, 1972).

Fechas	Hollejos		Semillas
	Antocianos	Taninos	Taninos
24/8	0,45	4,20	7,35
31/8	1,20	4,15	3,65
7/9	1,45	2,70	3,50
14/9	2,15	3,75	2,10
21/9	2,30	4,25	2,10
28/9	2,65	8,30	1,40
5/10	2,10	4,35	2,15

Ribéreau-Gayon (1986) trabajando con uvas tintas extrae los compuestos fenólicos de las diferentes partes de las uvas (hollejos, semillas y raspón) y observa que a partir del envero, que es cuando los antocianos empiezan a aparecer, el nivel de taninos en la piel ya está en concentraciones altas. Los compuestos fenólicos totales aumentan durante el primer periodo de la maduración, a continuación se puede observar una estabilización incluso una disminución en las últimas fases de este proceso. Durante este periodo es probable que ocurra una condensación de los taninos con los antocianos, cuya carga global positiva parcialmente impide que reaccione con las proteínas, así se favorece la disminución de la astringencia en las bayas maduras.

Pirie y Mullins (1980) mostraron una acumulación de fenoles totales en la piel de las uvas coincidiendo con el periodo de la maduración (estado III de crecimiento de la baya), ese incremento se produce hasta una semana antes de vendimiar. Este aumento (Figura 36) de fenoles a partir del momento del envero coincide con otros procesos que se producen durante esta fase tales como aumento en la deformabilidad de la baya, pérdida de clorofila del hollejo, acumulación de azúcares y de antocianos en el hollejo de uvas tintas (Coombe, 1973). El aumento de fenoles en el hollejo durante la maduración también le ha ocurrido a Huang y col. (1988).

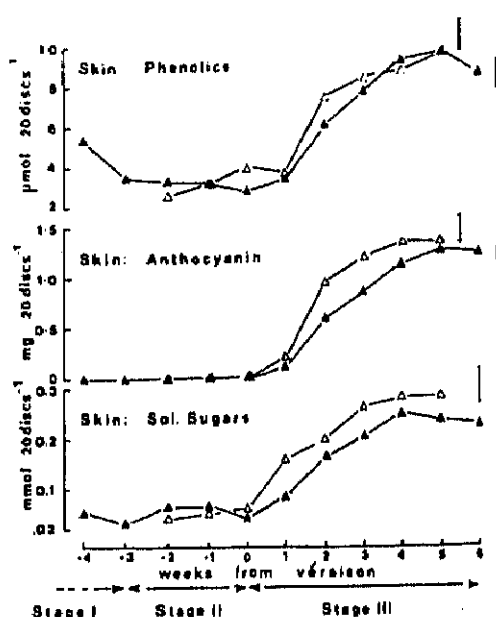


Figura 36.- Concentraciones de los azúcares totales, fenoles totales y antocianos del hollejo de bayas de la variedad Shiraz durante el periodo de maduración, localizadas en viñedos con una situación geográfica característica (Pirie y Mullins, 1980).

Los resultados obtenidos al estudiar la evolución de los polifenoles totales no siempre coinciden, así los valores que Singleton (1966) encuentra en la madurez son de 3770 mg/Kg de uva mientras que Flanzy y col. (1972) obtiene 5400 mg/Kg de uva. Esto puede ser debido a distintas circunstancias como son el tipo de variedad de uva (mayor contenido en las tintas debido a la presencia de antocianos), condiciones de cultivo, obtención de la muestra, etc. Ribéreau-Gayon (1971-1972) estudiando la evolución en el hollejo de bayas Cabernet Sauvignon y Merlot en Burdeos encuentra un aumento hasta una semana antes de la vendimia en que se produce un descenso.

Los ácidos fenólicos se encuentran en mayor proporción en los hollejos que en la pulpa aunque en cantidades inferiores a la de los antocianos, pero desde el envero a la madurez Fernandez de Simon y col. (1987-1989) observaron un aumento.

Pirie y Mullins (1977) trabajando con uvas de la variedad Shiraz sugirieron que los azúcares en los hollejos de las uvas, tienen un papel regulador en la producción de antocianos, y de polifenoles en general, durante la maduración de la fruta. Sin embargo esos cambios en el contenido de los azúcares no son detectados a través de la medida de °Brix sobre el jugo obtenido por presión de las bayas sino en el hollejo, así estos autores comprobaron grandes variaciones en el contenido de antocianos a iguales valores de °Brix en el mosto. Wicks y Kliever (1983) comprobaron que modificaciones en el nivel de los antocianos y polifenoles totales, no iban acompañados de cambios en el nivel de los azúcares del hollejo. Esto lo verificó también Tomana y col. (1979) al someter los racimos de la cepa a distintas temperaturas, observando que la coloración es mayor a bajas temperaturas y el nivel de carbohidratos solubles no se ve afectado. Por tanto puede que lo único que ocurra es simplemente un acúmulo simultáneo de azúcares y antocianos durante la maduración, es decir, el nivel de carbohidratos en el hollejo más que un factor "causal" es un "factor limitante". Esta interpretación surgió para unificar las diversas teorías, es decir, la máxima acumulación de antocianos o síntesis de fenoles, es función del nivel de carbohidratos, si bien la pendiente de ese aumento depende de factores ambientales tales como la luz, temperatura, hormonas (etileno)... mientras que el nivel de carbohidratos en el hollejo sigue un control independiente. Hay que tener en cuenta que la totalidad de los carbohidratos no están disponibles para reacciones de biosíntesis sino que se pueden distribuir entre la pared celular, el citoplasma y las vacuolas y por eso diferentes modificaciones realizadas puede que no se aprecien tanto como en el caso de los antocianos.

Hrazdina y col. (1984), observaron al igual que Kluba y Mattick (1978) que la acumulación de antocianinas, se iniciaba un poco después de aumentar la concentración de los azúcares, y esa acumulación de antocianinas en el hollejo de la baya, sigue una curva de forma sigmoide (Figura 37). La formación de los antocianos, como del resto de los compuestos flavonoides y de lignina, depende de la disponibilidad de fenilalanina, la cual se sintetiza a partir de los azúcares por la ruta del siquimato.

Budin (1983) señala que la acumulación de estos compuestos se inicia con una síntesis moderada seguido de un aumento rápido y una posterior estabilización. Observa que primero aparecen pequeñas cantidades de petunidina-3-glucósido y el derivado acetilado mientras que los derivados de delfinidina y malvidina aparecen posteriormente. Roggero y col. (1986) observan una disminución de delfinidina y cianidina al inicio de la maduración mientras que aumentan los pigmentos más estables como son la petunidina, peonidina, y malvidina.

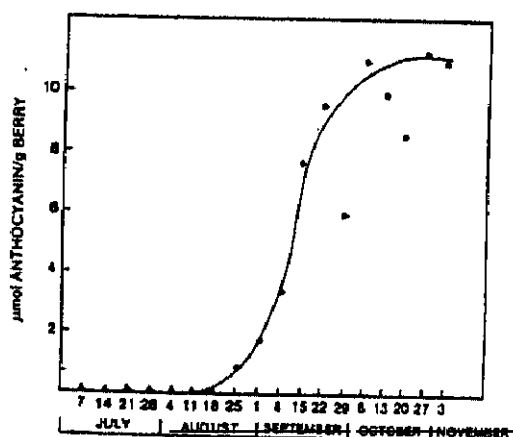


Figura 37.-Cambios en la concentración de antocianos totales en la maduración de bayas de la variedad Chaunac (Hrazdina y col., 1984).

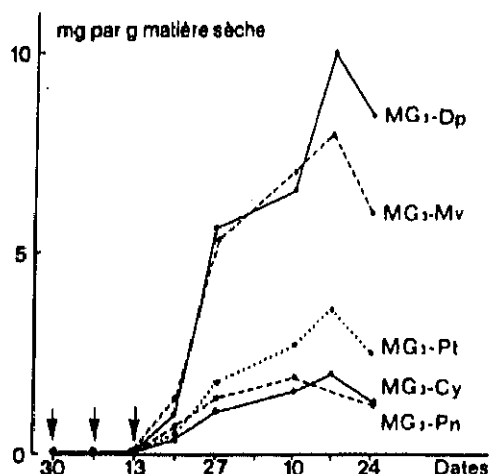


Figura 38.-Cambios en la concentración de los antocianos en los hollejos de bayas de la variedad Cabernet Sauvignon durante la maduración (Darné, 1988).

Huglin (1986) observa que dentro de un mismo cultivar incluso dentro de una misma planta no todos los racimos comienzan la maduración en el mismo momento y así el envero de todos ellos va a depender de la posición del racimo en la cepa, de su orientación, etc. Por tanto en función de la variedad, de las condiciones de cultivo, así como de las condiciones atmosféricas, el momento de iniciarse la maduración es distinto observándose diferencias en el nivel en el que se encuentran los distintos compuestos que se empiezan a acumular.

El enriquecimiento de los antocianos a lo largo de la maduración es continuo (Roger y col., 1986) aunque existe un ligero descenso antes de la vendimia. Según Gonzalez (1989) de todos ellos el cianidín-3-glucósido es el componente que se encuentra en menor concentración durante toda la maduración. Darné (1988) establece que las formas predominantes durante la maduración son las formas aciladas y libres del malvidín-3-glucósido, las primeras aumentan desde el inicio del envero y las segundas en la última semana igualándose al final las concentraciones (Figura 38).

Somers (1976) observó en la fracción de taninos cambios grandes y progresivos, durante las dos semanas siguientes al envero, seguido de un mantenimiento de los niveles por baya durante la maduración. Estos cambios cualitativos se pueden apreciar por la variación progresiva del color (amarillo-pálido, luego amarillo-marrón, marrón-rojo y cada vez más rojo). Se

comprobó un aumento inicial en el contenido de taninos del hollejo a partir del envero, y luego niveles casi constantes durante la maduración.

Ribéreau-Gayon y Glories (1986) observaron lo mismo, es decir, el contenido de taninos en los hollejos es elevado en el envero y representa aproximadamente la mitad del valor total que se alcanza en la madurez. La evolución de taninos es igual a la seguida por los antocianos, es decir muestran una acumulación en el hollejo, que se inicia en el envero, aumenta rápidamente hasta llegar a la madurez y luego decrece ligeramente. Es muy importante la influencia de las condiciones climáticas durante un año. El estado de condensación de los taninos varía a lo largo del proceso de maduración, así la astringencia de los frutos no maduros se debe a la presencia de taninos en un estado de condensación intermedio mientras que a medida que avanza la maduración la astringencia disminuye debido a un aumento del grado de polimerización que conduce a moléculas con un peso molecular superior a 3000.

Suresh y Ethiras (1987) indican que los taninos aumentan a partir del envero llegando a un máximo y disminuyendo un poco en el momento de la vendimia. Fernandez de Simón y col. (1989) observan que las concentraciones de ácido gálico, catequina y epicatequina disminuyen durante la maduración.

Singleton (1966) observó que la concentración de fenoles en las uvas desciende considerablemente a medida que se produce la maduración. Resultados similares los obtuvieron Crippen y Morrison (1986) al encontrar que la concentración de fenoles solubles en el mosto descendía a lo largo del periodo de crecimiento, desde floración a vendimia, mientras que si se expresaba por unidad de baya se observaba un aumento hasta un máximo en el inicio del estado III de crecimiento a partir del cual se produce un descenso (Figura 39).

Estos modelos de evolución muestran la dependencia de la concentración con el tamaño de la baya, así la disminución de la concentración de polifenoles al inicio del crecimiento de la baya no fue debido a un descenso en el contenido de polifenoles sino a un aumento en el tamaño de la baya. La polimerización de polifenoles se asocia al proceso de maduración, se observa en ese estudio un inicial aumento de la polimerización en los extractos de las bayas que desciende hasta un mínimo al iniciarse el estado III y a continuación volverá a aumentar hasta vendimia.

Somers (1976) observó que el contenido en taninos aumentaba en los hollejos después del envero en las bayas Shyraz, sin embargo Ribéreau-Gayon y Glories (1980) muestran un descenso de la polimerización de fenoles en los hollejos de la variedad Merlot y un aumento en las semillas de esta misma variedad durante la maduración.

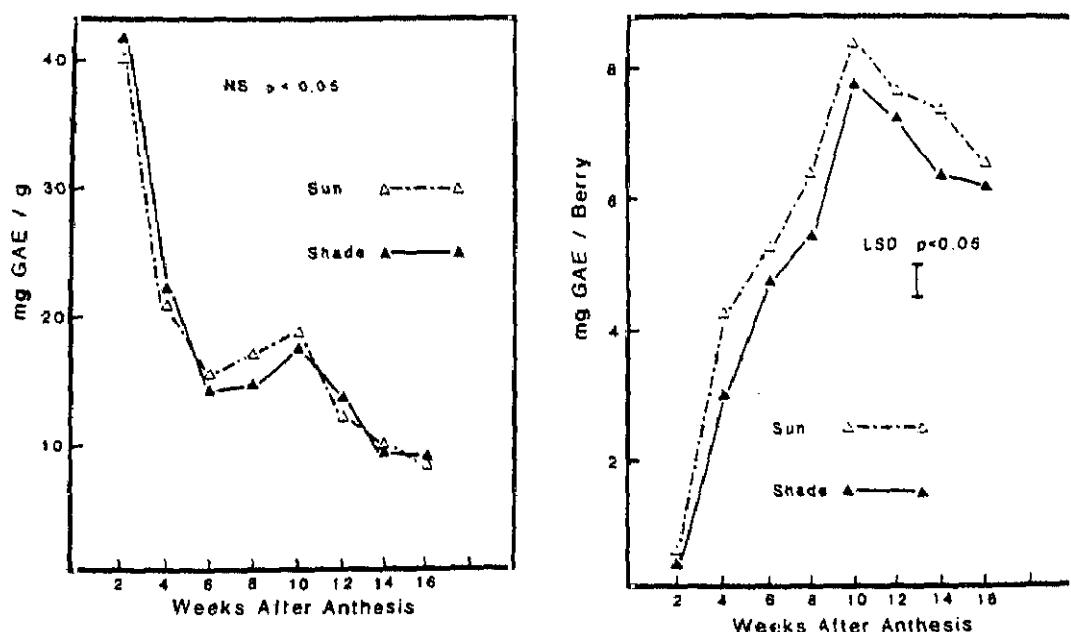


Figura 39.- Evolución de los polifenoles totales expresados en ácido gálico (mg/g y mg/baya) a lo largo de la maduración en tratamientos sometiendo los racimos a sombreado o soleado (Crippen y Morrison, 1986).

Dumazert y col. (1973) estudiando la evolución de los taninos en extractos de bayas de la variedad Mauzac rosé observaron que las concentraciones de taninos totales, catequinas y proantocianidinas sufrían un descenso progresivo desde el envero a la maduración, mientras que en las partes sólidas donde se acumulan fundamentalmente el proceso era el inverso.

3.5.4.- FACTORES QUE AFECTAN A LA EVOLUCION DE LOS POLIFENOLES

Las condiciones de maduración tienen una influencia decisiva en la concentración de antocianos y taninos. Ribéreau-Gayon y Glories (1986) mostraron la diferente composición química de las uvas maduras, del mismo cultivar durante cinco años sucesivos, y así dependiendo de las condiciones climáticas, la concentración de compuestos fenólicos puede duplicarse de un año al siguiente, y esta variación es mucho mayor que la observada para los cambios de azúcar o de ácidos en el mosto. Los factores naturales van a influir en la síntesis de compuestos fenólicos y las condiciones de cultivo también pueden afectar mucho al contenido de ese tipo de compuestos, ya que cualquier técnica que aumente la producción, va a disminuir el color y la cantidad de taninos.

3.5.4.1.- Riego

La disposición de agua por parte de la cepa es muy importante en la acumulación de taninos y antocianos. La estructura física del terreno determina la regulación del suministro de agua y su uso durante la maduración (Seguin, 1970), y se cree que las concentraciones mayores de fenoles se encontraron en zonas donde el suelo producía un cierto déficit de agua en el periodo de la maduración y mantenía a la planta en un estado de relativa sequedad.

Freeman y Kliwer (1983) observan que el contenido de antocianos en el hollejo de las uvas de cepas regadas, fue menor que en el de las no regadas, cuando se comparan a una fecha determinada o a un nivel de azúcar fijo, llegando a ser un 44% mayor en las cepas con un ligero estrés hídrico respecto a las regadas, lo mismo que sucedió a Pirie y Mullins (1977).

Freeman y Kliwer (1983) no observan diferencias significativas en la concentración de antocianos en el hollejo según el nivel de carga, si bien se ha mostrado que la acumulación de antocianos se puede mejorar disminuyendo la relación carga de cosecha/área foliar.

Bravdo y Hepner (1985) encontraron una disminución de la intensidad del color como consecuencia de una menor cantidad en el contenido de antocianos debido al exceso de riego, además de producirse un aumento en el pH y en el contenido de potasio. Este fenómeno lo atribuyen al aumento en el tamaño de las bayas y por tanto al aumento de la relación pulpa/hollejo, que provoca que los antocianos extraídos se diluyan.

Matthews y Anderson (1988) también observan la influencia del estado hídrico de la cepa en la concentración de los fenoles. Realizaron tratamientos manteniendo déficits de agua en periodos tempranos y tardíos del proceso de maduración, viendo que las concentraciones en estos casos, eran mayores que en cepas regadas continuamente. Esas variaciones se producen tanto en los compuestos no-flavonoides localizados en las vacuolas de las células del mesocarpio como en los flavonoides de los tejidos dérmicos (importantes en las características sensoriales del vino). El desarrollo del color se vio que era más sensible al nivel de agua en los estados iniciales que en los tardíos del proceso de maduración.

Se han estudiado los efectos del estrés hídrico sobre la PAL, enzima clave en la biosíntesis de flavonoides, observando que un déficit hídrico del 2% reduce la actividad en un 40%.

3.5.4.2.- Radiación solar y temperatura

Un aumento en la exposición de la luz de las bayas se ha relacionado con un aumento en el contenido de fenoles (Kliwer, 1977). Crippen y Morrison (1986) mostraron que los fenoles solubles fueron significativamente mayores en las bayas expuestas al sol (expresados como fenoles por baya), incluso sin haber diferencias significativas en la concentración. Los antocianos estaban en una mayor concentración en las bayas expuestas al sol que las que estaban a la sombra antes de la vendimia, pero en vendimia existía una menor concentración en las uvas expuestas (aunque el contenido por baya no se modificaba). La menor concentración en antocianos puede ser atribuido al mayor tamaño de las bayas expuestas al sol (a diferencia de otros estudios), o bien a un efecto de calentamiento del sol sobre las bayas expuestas, y como consecuencia a una menor relación de antocianos con los polifenoles totales.

Kliwer (1977), y Crippen y Morrison (1986), comprobaron que el sombreado reduce la concentración de antocianos en las variedades tintas, incluso cuando se comparan las bayas sombreadas del mismo contenido de azúcar. Rojas-Lara y Morrison (1989) vieron que el contenido de antocianos se reducía al producir un sombreado sobre los racimos, mientras que apenas se produce cuando el sombreado se provoca sobre las hojas. Las condiciones de sombreado van a retrasar tanto el crecimiento de la fruta como su desarrollo.

Estudios similares realizados por Morrison y Noble (1990) demostraron lo mismo, es decir, el efecto de sombreado en la acumulación de antocianinas y en la actividad del enzima fenilalanina amonio liasa (PAL), influyen en la composición de la fruta tanto por la diferencia de luz que les llega de una forma directa, como por la diferencia de temperatura alcanzada, en general las bajas temperaturas estimulan la actividad de la PAL. Se comprueba que la actividad de la PAL se estimula por la luz presentando fuerte absorción en la región de 200 a 300 nm que favorece la biosíntesis de los fenilpropanoides, además es muy importante el tiempo de duración de luz, así se comprueba que existe una buena correlación entre la concentración de fenoles y la duración del fotoperiodo.

Ribéreau-Gayon (1959) estudia la influencia de los factores climáticos sobre la evolución de los antocianos observando que la cantidad de estos compuestos disminuían cuando se iluminaban las cepas por la noche, es decir, es necesario una alternancia de periodos de luz y sombríos para su síntesis. Puisais y Leon (1967) confirmaron los datos de Ribéreau-Gayon (1964) ya que la acumulación de antocianos es regular, sin embargo se alcanzan distintos valores según las diferentes variedades de uvas estudiadas.

Altas temperaturas se han relacionado con descensos en el contenido de los polifenoles, y repentinos calentamientos pueden causar disminuciones del contenido de antocianos en las uvas. Roubelakis-Angelakis y Kliewer (1986) comprobaron que no había aumento de la concentración de antocianos en los hollejos de las uvas guardadas en la oscuridad, a cualquier temperatura, durante todo el proceso experimental. Las mejores coloraciones se observaron con altas intensidades de luz, y con temperaturas diurnas/nocturnas de 15/15 °C o 15/25 °C.

Kliewer (1973) observó que las altas temperaturas disminuían la formación de pigmentos rojos, de forma que las bajas concentraciones encontradas en las uvas maduras a altas temperaturas podían ser el efecto de la reducción provocada en la síntesis o del aumento de la degradación de dichos componentes. La cantidad de antocianos aumenta con fototemperaturas de 15-20°C y con temperaturas nocturnas de 15-20°C.

3.5.4.4.- Técnicas de control de la superficie foliar

La parcial defoliación como práctica de conducción del canopy, ha sido ampliamente usada por los viticultores para conseguir uvas de mejor calidad. Hunter y col. (1991) vieron que la concentración de antocianos, en los hollejos de uvas procedentes de cepas parcialmente defoliadas, tendía a ser mayor y se comprobó que cuanto más tarde se empezase ese proceso, mayor era la cantidad de pigmentos, siendo máxima cuando se realiza en el envero. Aunque las hojas empezaban a estar senescentes, todavía tenían una actividad fotosintética adecuada estimulada por el proceso de defoliación además de tener actividad superior que en el caso de las cepas control. El envero es el momento cuando se produce la mayor acumulación de fotosintatos en los racimos, siendo superior en las cepas defoliadas, en este tipo de tratamientos se produce una mayor acumulación de pigmentos específicos, posiblemente debido a la presencia de una mayor disponibilidad de precursores, resultantes de una mayor actividad fotosintética, y una estimulación de la actividad enzimática (principalmente del PAL). La actuación sobre este enzima es lo que permite que se desvíe la fenilalanina fuera de la ruta de biosíntesis de las proteínas hacia la de los flavonoides. La luz es indispensable para la actividad de ese enzima y por tanto tiene un gran efecto sobre la biosíntesis y acumulación de antocianos, así la mejora en las condiciones de luz en el interior del canopy y en las zonas próximas al racimo (procesos de defoliación) puede jugar un papel importante en la obtención de una mayor pigmentación en el hollejo de las uvas.

Excepto en las cepas defoliadas a partir del envero se observa que el contenido de antocianos por baya, fue ligeramente superior en las cepas no defoliadas aunque no existían

diferencias significativas. La defoliación podría haber impedido una plena actividad de la baya y por tanto repercutir en la biosíntesis de antocianos, provocándose un descenso en la translocación de azúcares hacia los hollejos.

Es evidente que en la medida que se mejoren las condiciones microclimáticas así como la relación origen/destino para los distintos compuestos, por procesos de defoliación por ejemplo, el crecimiento vegetativo y reproductivo y la composición de la baya se verán afectadas, consiguiéndose máximas producciones de alta calidad. En la mayoría de los casos estos factores favorecieron el metabolismo de la cepa. Con ese menor crecimiento vegetativo se consigue que todas las hojas tengan máxima exposición y exista menor pérdida de energía.

Los cambios cualitativos tanto en la luz dentro del canopy como en la temperatura que alcanza la baya, son importantes en el control de la composición fenólica de la uva (Smart, 1987). Este autor observó que cuando la relación área foliar/racimos era elevada, por tener una razonable cantidad de hojas expuestas, los valores de antocianos y densidad de color eran más altos. Cuando los canopys son densos la energía radiante no es suficiente para aumentar mucho las temperaturas de las uvas y eso se considera una explicación de la mayor coloración (climas fríos favorecen aumento de la coloración).

III. PARTE EXPERIMENTAL

1.- CARACTERIZACION DEL CULTIVO EXPERIMENTAL.

Los viñedos donde se ha realizado la toma de muestra del material vegetal, están localizados en Madrid. Estas parcelas experimentales se sitúan en los campos de prácticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, de la Ciudad Universitaria. En estos terrenos se realizan los ensayos durante los años 1990, 1991, 1992 y 1993.

1.1.- CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y EDAFOLOGICAS.

Los observatorios meteorológicos usados para la caracterización climática del ensayo, han sido el de Cuatro Vientos, por ser el más cercano, con una serie completa de 30 años (1961-1990), y los datos procedentes de la Estación Meteorológica del Vivero IFIE, que si bien se encuentra más próxima a la parcela de ensayo, está más influenciada por el río Manzanares, y sólo cuenta con una serie de 17 años (1975-1991). Los datos proporcionados por las mencionadas estaciones climatológicas se refieren a temperaturas, precipitaciones y humedad relativa (Cuadro I y Cuadro II). Las temperaturas medias anuales aportadas oscilan entre 14,02 y 12,78 °C, siendo Julio el mes más caluroso y Enero el más frío, mientras que las precipitaciones medias están comprendidas entre 462,7 y 537,6 mm.

También se ha utilizado la Estación Meteorológica de Botánica Agrícola de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, ubicada a muy pocos metros de la parcela de ensayo junto al Complejo de la Moncloa. Se trata de una estación meteorológica automatizada (METEODATA-256 de GEÓNICA S.A.), que a intervalos de 10 minutos, suministra valores de precipitación, temperatura, radiación global, radiación fotosintéticamente activa (PAR), humedad, velocidad de viento... (Cuadro III). Con estos valores se han calculado los datos termopluviométricos durante el periodo activo de crecimiento que comprende desde el desborre hasta la vendimia (Cuadro IV).

La parcela del ensayo está situada a una latitud 40° 26' 36" norte, y longitud 3° 44' 18" oeste, con una altitud de 595 m. El clima de la parcela corresponde al de una zona templada de continentalidad extrema debido a la altura en la que se encuentra, acentuándose el periodo invernal muy frío y el estival muy caluroso que coincide con una estación extremadamente seca y con insolación óptima, dando en conjunto un periodo anual de baja precipitación, de reparto

Cuadro I.- Características termopluviométricas y balance de agua. Vivero IFIE (año medio: 1975-1991).

	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Año medio
T_m	5,60	6,90	9,30	11,50	15,70	20,60	24,60	24	20,40	14,60	9	6	14,02
P	47,40	46,40	34,30	53,80	42,30	26,30	14,60	11,70	26,80	43,30	62	53,80	462,70
D						27,71	189,20	181	87,10	14,40			499,40
Hr	71	68	57	57	54	49	46	47	52	63	70	73	59

T_m : Temperatura media (°C), P : Precipitación (mm), D : Déficit de agua (mm). Se calcula a partir del método de Penman modificado por Doorenbos y Pruitt (1977), Hr : Humedad relativa media (%).

Cuadro II.- Características termopluviométricas y balance de agua. Cuatro Vientos (año medio: 1961-1990).

	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Año medio
T_m	4,10	6	8,50	10,50	14,20	19,60	22,70	22,20	19,20	13	7,90	5,50	12,78
P	45,60	47,30	28,40	69,90	54,90	25,10	23,10	14,30	29,00	54,50	71,20	74,30	537,60
D						7,12	169	167,90	83	7,20			434,20
Hr	76	71	61	60	55	49	41	42	53	66	73	77	60

T_m : Temperatura media (°C), P : Precipitación (mm), D : Déficit de agua (mm). Se calcula a partir del método de Penman modificado por Doorenbos y Pruitt (1977), Hr : Humedad relativa media (%).

Cuadro III.- Características termopluviométricas y balance de agua de los años 1990, 1991, 1992 y 1993. Los datos proceden de la Estación Meteorológica de Botánica Agrícola (situada en los campos de prácticas de la E.T.S.I.A. de Madrid, en la Ciudad Universitaria).

	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Año 1990
T_m	3,80	8,20	9,70	9,80	16,20	22,40	24,70	24	19,90	13,40	6,80	2,60	13,50
P	31,40	1	28,20	62	16,40	0	12,20	19,80	49	71	48,20	14,20	353,40
D						50,80	154,30	133,80	39,10				378
Hr	85	79	61	66	56	42	41	45	62	74	82	81	65

	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Año 1991
T_m	3,60	4	9,30	10,30	14,60	21,70	24	24,70	19,40	10,80	7,10	4,40	12,80
P	81,40	0	49	49	17	1,20	10,40	0	32	79,80	14	22	355,80
D						50,20	153,50	160,70	51				415,40
Hr	81	79	76	61	46	43	40	40	59	78	78	87	64

T_m : Temperatura media (°C), P : Precipitación (mm), D : Déficit de agua (mm). Se calcula a partir del método de Penman modificado por Doorenbos y Pruitt (1977), Hr : Humedad relativa media (%).

Cuadro III (continuación)

	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Año 1992
T_m	1,80	4,10	8,70	12,10	17,50	16,40	24,20	22,50	17,70	11,50	8,40	6	12,60
P	6,20	27,20	13	40,40	37,40	70,80	13,40	33,60	22,20	82,60	3,80	25	375,60
D						105,80	113,60	66,60					286
Hr	79	72	59	56	52	62	41	50	55	79	85	88	65

	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Año 1993
T_m	2	5,60	8,50	10,40	14	19,40	23,60	23,10	16,40	10,50	6,60	5,20	
P	0,60	41,40	30,20	20,20	82,60	103,20	0,00	7,60	7,20	203,40	33,20	0,80	
D													
Hr	86	69	66	63	71	61	39	41	57	83	90	88	

T_m : Temperatura media (°C), P : Precipitación (mm), D : Déficit de agua (mm). Se calcula a partir del método de Penman modificado por Doorenbos y Pruitt (1977), Hr : Humedad relativa media (%).

Cuadro IV.- Datos termopluviométricos y radiación solar durante el periodo activo que comprende desde desborre hasta vendimia (1990-1993), aportados por la Estación Meteorológica de Botánica Agrícola (situada en los campos de prácticas de la E.T.S.I.A. de Madrid, en la Ciudad Universitaria).

	1990			1991			1992			1993		
Periodo	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Duración (días)	165	97	52	151	101	40	159	110	49	163	108	34
Tm (°C)	19,10	23,60	24	20,40	23,50	24,60	19,10	21	20,90	18,60	21,50	19,40
Integral térmica	1538,20	1308,70	714,20	1513,70	1342,50	541,70	1439	1204,20	531,50	1413,80	1242	319,60
P (mm)	114	32	31,80	73,60	11,20	0,60	155,70	103,80	16,80	214,80	112	1,20
Radiación acumulada	3674,70	2375	1143,50	3547,50	2420,10	849,30	3343,50	2436,50	1002,20	3490,10	2424,60	655,30

El periodo A comprende desde la fecha de desborre hasta maduración (vendimia), el B comprende desde la fecha de floración hasta maduración, y el C comprende desde la fecha del envero hasta maduración.

Tm= Temperatura media durante cada periodo (°C).

P= Precipitación en mm (L/m²) de agua acumulada.

Radiación acumulada se expresa en megajulios/ m².

Nota: En el análisis de los distintos componentes se observa que la fecha del comienzo de la maduración coincide con la fecha 125 si bien ésta no coincide con la que se ha elegido en función del cambio de color (28/7=125).

Cuadro V .- Características edafológicas del suelo de la parcela.

Profundidad (cm)	Horizonte genético	Clasificación USDA (1992)
0-30	Ap	Horizonte de diagnóstico
30-60	Cl	Ochrico
60-100	Cl	No diagnóstico
		ARENT
		No diagnóstico

Profundidad (cm)	Elementos gruesos	Textura USDA					Clase textural
		Arena total	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	
0-30	7,50	72,96	31,40	41,56	14,89	12,15	FrAr
30-60	17,00	76,89	42,00	34,89	13,28	9,83	FrAr
60-100	17,40	82,16	44,62	37,54	9,53	8,31	FrAr

Profundidad (cm)	Materia orgánica (%)	Conductividad eléctrica (ds/m) (1:2,5)	pH (1:2,5)	Caliza total (%)	Caliza activa (%)
0-30	0,28	0,15	8,30	0,40	0,30
30-60	-	0,12	8,60	0,50	0,40
60-100	-	0,14	8,70	0,60	0,40

Profundidad (cm)	Cationes extraíbles (meq/100g)				C.I.C. (meq/100g)	Fósforo (ppm) Olsen
	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio		
0-30	0,37	12,27	5,77	0,03	17,71	2,00
30-60	0,15	12,78	2,89	0,00	15,73	ip
60-100	0,21	11,29	4,33	0,00	14,47	5,00

irregular. El que los veranos sean calurosos va a favorecer la buena maduración del fruto en Septiembre.

Las diferencias de calidad que se pueden encontrar en dos parcelas próximas sometidas a un mismo clima están ligadas a las propiedades y naturaleza del suelo (Reynier, 1989). De modo que la unión suelo-variedad sometida a unas mismas condiciones climáticas origina unos mostos con determinadas peculiaridades.

Las características físicas y químicas del suelo de la parcela de ensayo se encuentran en el Cuadro V. Los suelos han sido clasificados dentro del orden Entisoles (USDA, 1992), grupo Arent, ya que se encuentran en una zona abancalada, de relativa modernidad, que imposibilita la existencia de horizontes de diagnóstico.

Es un suelo poco evolucionado sobre materiales de terrazas del Manzanares alterado por abancalamiento. Físicamente se caracteriza por una textura francoarenosa con niveles de arcilla que garantizan la fertilidad, y no tiene barreras físicas en profundidad que limiten el desarrollo del viñedo. Químicamente presenta valores de pH ligeramente alcalinos con niveles bajos en caliza total activa y sin problemas en cuanto a salinidad. Respecto a la fertilidad presenta un complejo de cambio compensado con niveles ligeramente altos en magnesio. La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) garantiza la vocación agraria del suelo.

1.2.- CARACTERÍSTICAS DEL VIÑEDO

El material vegetal utilizado en la realización de este estudio han sido bayas de la variedad Tempranillo (*Vitis vinifera* L.), plantadas en 1982. El portainjerto es Richter 110, y el injerto en campo se realizó en la primavera de 1983.

El Cuadro VI recoge el resumen de los datos fenológicos más representativos para cada año. Los datos relativos a las características vegetativas y reproductivas figuran en el Cuadro VII.

El ensayo se realiza en dos sistemas de conducción:

a) En espaldera. Se caracteriza por los siguientes parámetros:

-el marco de plantación es de 2 x 1,35 m,

-la densidad de plantación es de 3700 cepas x ha⁻¹,

-la orientación de la alineación de las plantas es Norte-Sur,

-la altura del tronco es de 50 cm, y la altura del primer alambre de sostén es de 60 cm,

-la disposición de la vegetación es en plano vertical ascendente, con dos niveles de alambre doble (95/125 cm) y un tercero simple (155 cm); la altura de la vegetación se mantiene por despuntes en verde,

-el sistema de poda es en Guyot; las varas se sujetan en el momento de la poda al primer alambre (60 cm).

Cuadro VI.- Características fenológicas del viñedo durante los años 1990-1993.

Año	Desborre	Floración	Envero	Madurez*
1990	26-Marzo	2-Junio	17-Julio	6-Septiembre
1991	13-Abril	2-Junio	2-Agosto	10-Septiembre
1992	16-Abril	4-Junio	4-Agosto	21-Septiembre
1993	10-Abril	4-Junio	17-Agosto	21-Septiembre

*Fecha de vendimia

-la carga de las yemas dejadas en la poda del invierno, se ha modificado según las necesidades de cada tratamiento a medida que transcurría el ensayo, con el fin de equilibrar la planta y asegurar las podas venideras,

b) En vaso. Se caracteriza por los siguientes parámetros:

-el marco de plantación es de 3 x 1,88 m,

-la densidad de plantación es de 1770 cepas x ha⁻¹,

-la orientación de la alineación de las plantas es Norte-Sur,

-la altura del tronco es de 60 cm,

-la disposición de la vegetación es libre en todas las direcciones,

-la poda es corta en pulgar.

Una mayor profundización sobre las características del viñedo en el que se han realizado los ensayos tanto a nivel ecofisiológico como agronómico, han quedado puestas de manifiesto por Bartolomé (1993) y Baeza (1994).

Cuadro VII.- Datos de crecimiento vegetativo y reproductivo en los dos tipos de tratamientos del ensayo a lo largo de los tres años de experimentación.

Año	Tratamiento	Kg/m ²	p.m.p. (Kg/m ²)	I.Ravaz	SFE/ Producción	SFT/ Producción	SFE/SFT
1990	Er	2,21	0,49	4,53	0,71	0,95	0,74
	Es	1,80	0,37	4,87	---	---	---
	Vr	1,90	0,40	5,04	0,53	0,71	0,75
1991	Er	2,22	0,47	4,79	0,73	1,01	0,72
	Es	0,97	0,23	4,27	---	1,47	---
	Vr	1,57	0,33	4,97	0,58	0,63	0,90
1992	Er	2,86	0,59	4,83	0,51	0,93	0,56
	Es	0,53	0,24	2,23	2,02	2,72	0,73
	Vr	1,58	0,50	3,14	0,64	1,41	0,45
1993	Er	2,54	0,53	4,79	0,61	1,50	0,39
	Es	1,23	0,31	3,98	---	2,23	---
	Vr	1,70	0,32	5,31	0,44	1,33	0,35

Es=espaldera secano, Er=espaldera regadío, Vr=vaso regadío.

2.- PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL.

2.1.- TRATAMIENTOS REALIZADOS.

En el presente estudio se han realizado dos tipos de experimentos diferentes:

A) Modificación del sistema de conducción. Se comparan las calidades de los mostos obtenidos a partir de cepas que son conducidas de forma diferente: unas según el sistema tradicional en vaso y otras en espaldera. En ambos casos, las parcelas donde se encuentran situadas, van a estar equilibradas con un sistema de riego dotado de goteros autocompensantes de 4 L/h, lo que permite regar o no según las necesidades y objetivos de cada tratamiento.

B) Modificación del régimen hídrico. En este caso se observa cómo afecta al mosto el estrés hídrico al que se someten las plantas. Se comparan cepas conducidas en espaldera, si bien unas son regadas y otras se someten a un déficit hídrico controlado. En este último caso las plantas no han recibido ningún aporte de agua distinto de la precipitación atmosférica durante los años de experimentación.

La cantidad de agua total aplicada con el riego, en el periodo 1990-1993, se recoge en el Cuadro VIII:

Cuadro VIII.- Características del riego practicado en el viñedo durante los cuatro años de experimentación.

Año	Inicio del riego	*Agua aplicada
1990	28-Junio	298
1991	30-Mayo	378
1992	1-Mayo	328
1993	5-Julio	272

* expresada en mm

Cuadro IX.- Equivalencias entre las fechas de muestreo correspondientes a cada año y las fechas desde desborre, así como las fechas en las que se alcanzan los 20°Brix en los distintos tratamientos experimentales.

1990		1991		1992		1993	
FECHA ¹	FECHA ²	FECHA ¹	FECHA ²	FECHA ¹	FECHA ²	FECHA ¹	FECHA ²
102	5/7	83	5/7	92	17/7	95	13/7
107	10/7	93	15/7	102	27/7	102	20/7
120	23/7	102	24/7	111	5/8	109	27/7
128	31/7	111	2/8	123	17/8	116	4/8
141	13/8	122	13/8	130	24/8	122	10/8
152	24/8	130	21/8	137	31/8	129	17/8
159	31/8	139	30/8	144	7/9	136	24/8
*165	6/9	*150	10/9	151	14/9	143	31/8
				*158	21/9	150	7/9
						157	14/9
						*164	21/9

¹ Días después del momento del desborre.

² Fecha equivalente del año correspondiente.

* Momento de la vendimia, para los tres tratamientos

1990		1991		1992		1993	
FECHA ¹	FECHA ²	FECHA ¹	FECHA ²	FECHA ¹	FECHA ²	FECHA ¹	FECHA ²
165(Es)	6/9	148(Es)	8/9	141(Es)	4/9	164(Es)	21/9
148(Er)	20/8	139(Er)	30/8	144(Er)	7/9	150(Er)	7/9
146(Vr)	18/8	133(Vr)	24/8	139(Vr)	2/9	150(Vr)	7/9

¹ Momento en alcanzar los 20°Brix.

² Fecha equivalente del año correspondiente

Es=espaldera secano, Er=espaldera regadio, Vr=vaso regadio.

2.2.- DISEÑO ESTADISTICO.

El diseño experimental corresponde a un modelo aleatorio con las siguientes características:

-La disposición de los tratamientos experimentales se llevó a cabo al azar, situándose separadamente en la parcela.

-Las repeticiones de cada tratamiento estuvieron distribuidas aleatoriamente dentro de cada una de las zonas, con riego y sin riego, en vaso y espaldera.

-Las zonas, de regadío y de secano, han estado separadas mediante una banda de cepas, a 6 m de distancia, por lo que se descarta cualquier tipo de interferencia entre un tratamiento y otro. Además, todas las cepas de control han estado siempre bordeadas con cepas en idénticas condiciones.

El tamaño de la parcela elemental fue de 7 cepas, y el número de repeticiones por tratamiento han sido de 4, es decir, existen cuatro grupos de 7 cepas por cada tipo de tratamiento realizado.

La población que va a constituir las parcelas elementales se seleccionó cuidadosamente, de forma que todos los individuos del ensayo fueran homogéneos.

2.3.- MUESTREO DEL MATERIAL VEGETAL.

El muestreo del material vegetal se realiza al azar, tomando las bayas de los distintos racimos correspondientes a las cepas de cada tratamiento. La toma de muestra se realiza siempre a la misma hora, entre las 9 y las 10 de la mañana, recogiendo cuidadosamente las bayas de la zona apical, basal, y central de los racimos que están situados tanto al sol como a la sombra. Las bayas se deben separar con cuidado del raspón para no rasgarlas y evitar así la pérdida de mosto.

Existen cuatro grupos de 7 cepas por cada tratamiento, es decir, cuatro repeticiones por cada tratamiento, obteniéndose 110 bayas por cada repetición.

Las fechas del muestreo, que determinan la variable del tiempo, se miden en días después del inicio de la fecha del desborre, por tanto varían según el año de experimentación (Cuadro IX). La toma de muestra se inicia desde el momento del cuajado (fase de crecimiento de la baya) y se termina en el momento de plena madurez (la vendimia). La frecuencia del muestreo en todos los tratamientos y durante los cuatro años se realiza en intervalos de 7 a 10 días.

3.- METODOLOGIA ANALITICA

3.1.- PREPARACION DE LA MUESTRA

Para la obtención del mosto se debe tener en cuenta las posibles modificaciones de los constituyentes presentes en la baya en el curso de las distintas manipulaciones. Las determinaciones que se realicen inmediatamente a la obtención del mosto deben hacerse lo más rápidamente posible para evitar posibles fermentaciones, sobre todo cuando las temperaturas son elevadas.

Las bayas una vez recogidas se llevan rápidamente en nevera al laboratorio, y del total se va a hacer una separación en dos grupos, para esa división se tiene en cuenta la zona de la baya donde se va a estudiar la evolución de los distintos componentes:

-Obtención del mosto: _____

Se pesan 100 bayas (balanza electrónica Cobos, mod. C-600-SX), se trituran de forma adecuada con un brazo mecánico para conseguir extraer la máxima cantidad de mosto posible, teniendo cuidado de no romper las pepitas ni los hollejos. A continuación se mide el volumen de mosto obtenido, es decir los mL de mosto por 100 bayas para el posterior cálculo del rendimiento.

-Obtención de los hollejos: _____

Se pesa un número suficiente de bayas y se pelan, separando el hollejo de la pulpa. Los hollejos se pesan en fresco y se congelan a temperaturas que se encuentran entre -20°C y -30°C, en atmósfera inerte y en la oscuridad para su posterior análisis.

3.2.- DETERMINACIONES ANALITICAS EN EL MOSTO.

Una vez que se ha obtenido el mosto se divide en dos partes, en una parte se realizan los análisis iniciales inmediatos, mientras que el resto del mosto se congela a temperaturas comprendidas entre -20°C y -30°C, para posteriores análisis.

A) ANALISIS INMEDIATOS DEL MOSTO

Para realizar estos análisis se lleva el mosto obtenido directamente a centrifugar a 3000 rpm durante 2 minutos (centrífuga Sorvall, mod.t-6000) obteniéndose un jugo clarificado, limpio de pulpa y otras sustancias en suspensión. En el sobrenadante de ese mosto centrifugado se hacen las siguientes determinaciones:

3.2.1- °BRIX.

Esta determinación se realiza para medir el porcentaje de azúcares presentes en el mosto. El fundamento de esta técnica es por refractometría, es decir, se mide el índice de refracción de los sólidos solubles presentes en el mosto. Para esta medida se toma una alícuota del mosto centrifugado y se deposita entre los dos prismas (uno fijo y otro móvil) de un refractómetro tipo Abbé (Zeiss, mod.A), que están en contacto a través de sus caras hipotenusa. El instrumento se dirige a una fuente de luz que penetra por la parte inferior del conjunto de los dos prismas (el prisma que recibe la luz tiene la cara hipotenusa esmerilada para que difunda la luz recibida). atraviesa la sustancia problema y penetra en el otro prisma por su cara hipotenusa con la incidencia rasante, formando en su interior el ángulo límite y saliendo al aire según la dirección de emergencia que corresponda por el índice de refracción del vidrio del prisma. La luz penetra en el anteojo de manera que coincida con el centro de su retículo, cuando esto se consigue el campo circular del anteojo aparece con la mitad superior iluminada y la inferior oscurecida, de modo que el diámetro que separa ambas mitades coincide con el centro del retículo en aspa que lleva el anteojo. Las lecturas de la escala graduada se pueden hacer en función del índice de refracción o del °Brix directamente.

Como el índice de refracción de un líquido varía en función de la temperatura es necesario que los prismas donde se realiza la lectura estén termostatizados a 20°C, esto se consigue gracias a una corriente de agua que se hace circular a esa temperatura a través de la montura que sostiene a los dos prismas. Lleva incorporado un termómetro que permite hacer lecturas de °Brix a cualquier temperatura, si bien es necesario que se realice una posterior corrección del dato de acuerdo a unas tablas (Jaulmes y Simonneau, 1946).

3.2.2.- PH.

Es una magnitud global que nos da idea de la acidez real o concentración de hidrogeniones, que está en relación a la vez con la fuerza y la cantidad de los ácidos presentes. Este índice general depende de las concentraciones de los ácidos y las bases presentes en el mosto, pero no da a conocer detalladamente la composición de los mismos en el medio. Los hidrogeniones procedentes de la ionización de los ácidos presentes son por tanto los que confieren las propiedades ácidas al mosto. La forma de expresar este concepto es, $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$. La medida del pH es una operación fisico-química que no altera el equilibrio del sistema.

Para la medida del pH en el mosto se utilizó un pH-metro (Crison, mod. Microph 2001), junto con un electrodo de vidrio, pudiendo medir en milivoltios o directamente en pH. Se toma una cantidad suficiente de mosto centrifugado para que cubra el electrodo y se realice correctamente la lectura. El pH-metro se debe calibrar antes de realizar las medidas de las muestras con soluciones tampón de pH4 y pH7.

3.2.3.- ACIDEZ TOTAL.

Es una determinación que nos da idea de la cantidad de hidrógenos ácidos presentes, es decir, de los procedentes tanto de los ácidos totalmente libres como de los que están parcialmente salificados. Hay que tener en cuenta que los hidrógenos que están libres pueden estar parcialmente disociados o ionizados.

El modo de realizar la determinación es mediante una volumetría ácido-base, cuyo fundamento consiste en la neutralización de los grupos carboxilos de la muestra al añadir un álcali de una concentración conocida. El momento en el que se considera que ya están neutralizados todos los ácidos es cuando se alcanza un pH de 8,2 a 20°C (Amerine y Ough, 1988). Este valor de pH se ha seleccionado ya que los ácidos presentes en los mostos son débiles y al ser valorados con un álcali fuerte el punto final real será mayor que 7,0, estando comprendido normalmente entre 7,8 y 8,3 (AOAC, 1970; American Society of Enologist, 1972).

Sobre un volumen conocido de mosto centrifugado y homogeneizado se añade hidróxido sódico (NaOH) 0,1 N de factor conocido, a medida que se añaden los grupos OH se modifica el valor de pH debido a la neutralización de los ácidos, terminando la valoración cuando el pH llegue al valor establecido. Para controlar exactamente el momento final de la volumetría, se usa un pH-metro y un electrodo de vidrio introducido en el volumen elegido de mosto que está siendo

agitado con un magnetoagitador hasta que se acaba el análisis. El resultado se expresa en ácido tartárico (g/L).

El volumen de mosto que se toma varía en función del momento de la maduración, siendo menor en las primeras fechas del muestreo. Se debe añadir agua hasta aproximadamente 50 mL para que cubra al electrodo selectivo, ya que esto no modifica el número de equivalentes ácidos presentes en el volumen de mosto elegido.

3.2.4.- CARACTERISTICAS CROMATICAS.

Se utiliza el método oficial recomendado por la OIV (Oficina Internacional de la Viña y el Vino, 1979). Las características cromáticas se refieren a la luminosidad y cromaticidad. La luminosidad corresponde a la transmitancia (varía en función inversa a la intensidad colorante) y la cromaticidad corresponde a la longitud de onda dominante (caracteriza a la tonalidad colorante) y a la pureza.

La **intensidad colorante** ($D_{420}+D_{520}$) se mide por la suma de las absorbancias a dos longitudes de onda ($\lambda=420$ nm y $\lambda=520$ nm) en un espectrofotómetro de ultravioleta-visible y en cubetas de 1,0 cm de espesor, mientras que la **tonalidad colorante** (D_{420}/D_{520}) corresponde al cociente de las absorbancias anteriores. La medida del valor de las absorbancias del mosto a esas dos longitudes de onda se realiza frente al agua en el mismo tipo de cubetas elegidas para el mosto.

El mosto homogeneizado (nunca diluido), se introduce en cubetas de cuarzo de 10 mm, 5 mm, o 2 mm de paso óptico. La elección de la cubeta está en función de la intensidad colorante del mosto, existiendo una relación inversa, de modo que cuanto mayor sea la intensidad colorante del mosto menor es la longitud de paso óptico de la cubeta que se necesita. Las cubetas utilizadas deben ser las adecuadas para que la lectura de absorbancia esté comprendida entre 0,3 y 0,7. Este método no define el color sino esas dos características cromáticas que son importantes para estudiar la evolución de la intensidad y tonalidad del color del mosto.

La definición de intensidad y tonalidad se refieren siempre a valores obtenidos en cubetas de 10 mm de paso óptico por lo que en caso de utilizar cubetas de 5 mm o 2 mm, el resultado final de absorbancia se multiplicará por 2 y 5 respectivamente.

Se utilizó un espectrofotómetro de doble haz de ultravioleta-visible (Perkin-Elmer, mod. 550-SE), cuyo intervalo de longitudes de onda está comprendido entre 195 nm y 750 nm.

B) ANALISIS NO INMEDIATOS DEL MOSTO

Para la realización de estos análisis se utilizó el mosto congelado que se encontraba dividido en viales independientes para cada determinación, evitando de este modo procesos repetidos de congelación y descongelación de la muestra, con las posibles alteraciones de los componentes.

Los viales de mosto congelado se pusieron en un baño de agua, a temperaturas no superiores a 40°C, hasta que el mosto estaba totalmente homogeneizado y disueltos todos los tartratos que habían precipitado por el frío. Las determinaciones que se realizaron fueron:

3.2.5.- AZUCARES.

Los azúcares del mosto se cuantifican individualmente por Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC) según el método descrito por Sepúlveda y Kliewer (1986). Se han identificado como azúcares mayoritarios la D(+)glucosa, la D(-)fructosa, y la sacarosa aunque ésta última en cantidades de trazas. Aunque existen numerosas técnicas para medir estos compuestos, tales como los análisis volumétricos o test enzimáticos, la cromatografía líquida va a poder determinar de un modo rápido y simultáneo los azúcares presentes y su concentración. Los detectores más utilizados son los de índice de refracción, también se usan los de pulso amperométrico, y en algunas ocasiones los detectores de ultravioleta-visible ya que los azúcares presentes no son sensibles especialmente a ninguna longitud de onda excepto la fructosa. Es necesario que la columna elegida sea selectiva de los azúcares puesto que podrían existir interferencias con otros compuestos como es el caso de los ácidos. La cromatografía gaseosa también es un procedimiento rápido aunque en este caso al no ser los azúcares sustancias fácilmente volátiles es necesario una derivatización que permita su medida.

El sistema cromatográfico utilizado en la separación de los azúcares está compuesto de:

- Dos bombas isocráticas (Waters, mod. 510).

- Inyector con loop variable (Waters, mod. 717).

- Precolumna con un relleno igual al de la columna que se utiliza (Waters, Guard-Pak™ Inserts).

-Columna Aminex HPX-87P (Bio-Rad), de 300 x 7,8 mm, y de 9 μm de tamaño de partícula.

-Horno o sistema de control de la temperatura de la columna, pudiendo alcanzar 150°C (Waters).

-Detector de índice de refracción diferencial, termostatzado internamente de forma electrónica para una mayor estabilidad en la lectura (Waters, mod. 410).

La muestra una vez homogeneizada se diluye o no en función del momento de maduración en el que se encuentre, ya que a medida que se aproxima la fecha de la madurez aumenta la concentración de los azúcares y se debe aumentar la dilución practicada con agua bidestilada. Esa muestra a un pH adecuado se pasó a través de cartuchos Sep-pack C18 (Millipore) previamente activados con metanol y agua bidestilada, a continuación se filtró por un filtro Millipore de 0,45 μm de diámetro de poro (sistema de filtración Micro-Syringe 25 mm Filter-Holder Luer Inlet, Millipore). Posteriormente las muestras se inyectan directamente en el sistema cromatográfico, siendo el volumen de 10 μL .

El método cromatográfico seguido consistió en una elución isocrática a un flujo constante de 0,6 mL/min, utilizando como fase móvil agua bidestilada de 18 megaohms x cm de resistividad, obtenida gracias a un sistema Milli-Q (Millipore) y desgasificada con helio para evitar presencia de burbujas. La fase móvil que arrastra a muestras y patrones va a pasar por la columna, que está dentro de un horno a una temperatura controlada de 85°C, llegando al final al detector de índice de refracción, termostatzado interiormente a una temperatura de 40°C.

La identificación de cada componente se realiza utilizando sustancias patrón pinchadas de forma sucesiva y observando su tiempo de retención, o tiempo que tarda en eluir de la columna (Figura I).

El cálculo de las concentraciones de cada componente en el mosto, se basa en la aplicación a las áreas de los picos cromatográficos identificados, de su correspondiente recta de regresión, siguiendo el método de calibración con patrón externo. Este valor se multiplica por el factor de dilución, sólo en los momentos realizados (1:2) que coincide con las fechas finales de maduración, y se obtiene la concentración del azúcar en g/L de mosto.

Los ensayos realizados son los siguientes:

a) Rectas de calibrado

Es necesario conocer la linealidad de un método analítico que permita obtener resultados directamente proporcionales a las concentraciones de las sustancias presentes en la muestra, así como los límites inferior y superior de concentraciones que determinan el intervalo dentro del cual se cumple la ley de Lambert-Beer para aplicarlo a las distintas muestras.

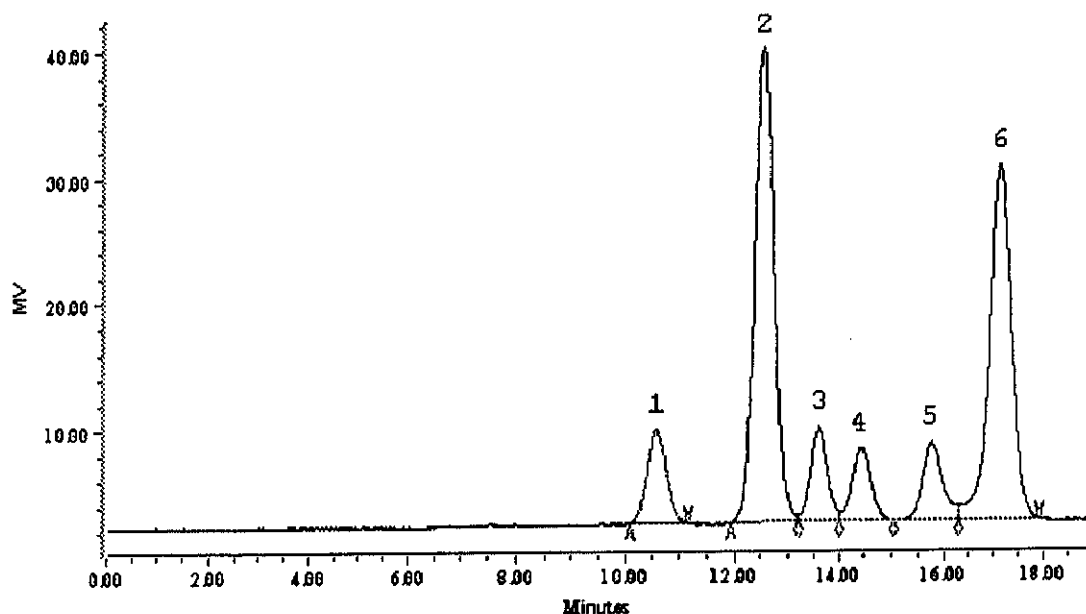


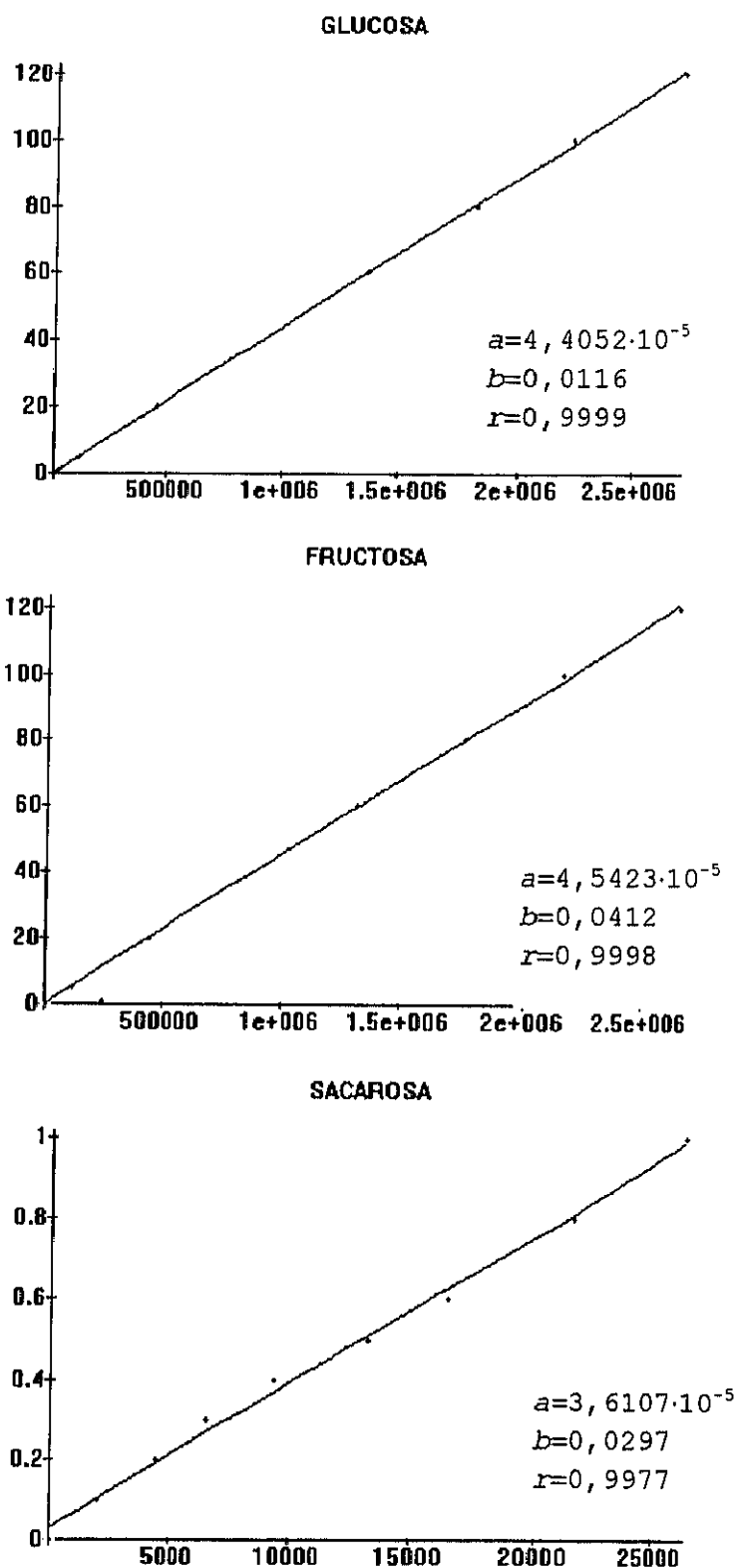
Figura I.- Cromatograma de sustancias patrón: 1=sacarosa, 2=glucosa, 3=xilosa, 4=galactosa, 5=arabinosa, 6=fructosa.

Se prepararon soluciones patrón a partir de D(+)-glucosa (Merck), D(-)-fructosa (Merck), y sacarosa (Merck) en concentraciones crecientes desde 1-120 g/L para la glucosa y fructosa y entre 0,1-1,0 g/L para la sacarosa, para determinar el rango de linealidad de cada uno de los azúcares dentro de las condiciones establecidas. Las concentraciones elegidas para realizar la calibración están en función de las cantidades que hay en el mosto a lo largo de todo el proceso de maduración, si bien hay que tener en cuenta el rango lineal dentro del que se mueve cada azúcar.

Las curvas de calibrado se hicieron a partir de 8 puntos para cada azúcar, se representan en la Figura II.

Las ecuaciones de las rectas de regresión obtenidas para cada patrón son:

Figura II.- Curvas de calibrado de los tres azúcares.



$$\begin{aligned} \text{Glucosa} \quad y &= 4,4052 \cdot 10^{-5} x + 0,0116 \\ r &= 0,9999 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fructosa} \quad y &= 4,5423 \cdot 10^{-5} x + 0,0412 \\ r &= 0,9998 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sacarosa} \quad y &= 3,6107 \cdot 10^{-5} x + 0,0297 \\ r &= 0,9977 \end{aligned}$$

donde la y es la concentración del azúcar correspondiente en g/L y la x es el área del pico cromatográfico.

Las ecuaciones de regresión lineal no tienen un término independiente significativamente distinto de cero, y los coeficientes de correlación de esas rectas para los tres azúcares son próximos a la unidad, por lo que se pone de relieve que el método es adecuado.

b) Ensayo de exactitud

Para conocer el grado de exactitud de los resultados obtenidos con la metodología aplicada, se añaden concentraciones crecientes conocidas de los tres azúcares de interés (g/L) a la matriz de la muestra y posteriormente se determinan los porcentajes de recuperación alcanzados.

Las concentraciones obtenidas para cada azúcar son datos medios que proceden de triplicados y se expresan en g/L (Tabla I).

Los datos de recuperación se calculan a partir de la siguiente fórmula:

$$\% \text{Recuperación} = \frac{\text{Concentración Final} - \text{Concentración Inicial}}{\text{Concentración adicionada}} \cdot 100$$

Los porcentajes de recuperación obtenidos señalan que el método es adecuado para la cuantificación individual de azúcares en mosto.

c) Ensayo de precisión

Es necesario conocer el grado de variabilidad entre los resultados individuales obtenidos de un método, cuando el procedimiento se aplica repetidamente a múltiples muestreos.

Tabla I.- Ensayo de exactitud del método de análisis de azúcares.

	C. Inicial	C. Adicionada	C. Final $\bar{x} \pm DE$	Recuperación% $\bar{x} \pm DE$	C.V.
Glucosa	2,18	20,00	$22,74 \pm 0,10$	$102,80 \pm 0,56$	0,50%
	2,18	50,00	$53,41 \pm 0,15$	$102,60 \pm 0,37$	0,40%
	2,18	100,00	$105,31 \pm 0,93$	$103,10 \pm 0,94$	0,90%
Fructosa	2,44	20,00	$22,90 \pm 0,07$	$102,30 \pm 0,35$	0,30%
	2,44	50,00	$53,73 \pm 0,16$	$102,60 \pm 0,30$	0,30%
	2,44	100,00	$105,34 \pm 0,92$	$102,90 \pm 0,92$	0,90%
Sacarosa	-	0,16	$0,17 \pm 0,01$	$107,10 \pm 4,26$	4,00%
	-	0,40	$0,42 \pm 0,02$	$103,90 \pm 4,65$	4,50%
	-	1,00	$1,08 \pm 0,02$	$107,90 \pm 1,68$	1,60%

Tabla II.- Ensayo de precisión del método de análisis de azúcares.

Ensayo	Glucosa	Fructosa	Sacarosa
1	2,18	2,44	-
2	2,16	2,38	-
3	2,16	2,43	-
4	2,18	2,41	-
5	2,21	2,51	-
6	2,19	2,46	-
\bar{x}	2,18	2,44	-
DE	0,02	0,04	-
C.V.	0,90%	1,80%	-

Se procede a aplicar sobre la misma muestra el método de cuantificación de azúcares, repitiéndolo durante seis días consecutivos. Cada dato obtenido corresponde a la media de un triplicado expresado en g/L (Tabla II). No se han detectado cantidades apreciables de sacarosa utilizando este método.

A través de los coeficientes de variación obtenidos se comprueba la gran semejanza de los resultados a lo largo de los distintos días, y por lo tanto la escasa variabilidad del método utilizado.

d) Otros ensayos

Se ha comprobado la metodología aplicada en este trabajo (método A) descrito por Sepúlveda y Kliever (1986), con la ensayada por otros autores (método B) (Richmond y col., 1981; Wilson y col., 1981), para conocer posibles diferencias únicamente en lo que se refiere a la extracción de los distintos azúcares, ya que la técnica usada por HPLC es la misma en ambos casos (columna, fase móvil y detector).

El método seleccionado (método B) para establecer la comparativa en este ensayo requiere la extracción de los azúcares a partir de un volumen conocido de mosto con metanol al 80% en caliente manteniéndolo a reflujo media hora, seguido de una centrifugación a 3500 r.p.m. durante media hora. Una vez separado el sobrenadante se evapora a sequedad en un rotavapor (a 40°C) redisolviéndolo en agua bidestilada en un volumen que se considere adecuado en función de la concentración de azúcar presente. Desde aquí la metodología seguiría los mismos pasos que las ya utilizados en la metodología A previamente descrita.

La respuesta de ambas metodologías ha sido óptima como demuestran los respectivos coeficientes de variación, inferiores al 2%, al mismo tiempo que están muy próximos entre sí (Tabla III). La elección del método aplicado a este estudio (Método A) se realizó en base a la escasa variabilidad del método así como a la rapidez y sencillez del mismo debido a la cantidad de muestras manejadas. En el caso de la metodología B se pierde en velocidad y sensibilidad aunque permite obtener una muestra más limpia de las posibles interferencias de matriz.

No se han detectado cantidades apreciables de sacarosa utilizando estos métodos.

Tabla III.- Comparación de dos metodologías para el análisis de azúcares.

Ensayo	METODO A		METODO B	
	Glucosa ¹	Fructosa ¹	Glucosa ¹	Fructosa ¹
1	103,60	105,60	101,00	103,90
2	106,10	108,50	99,70	102,40
3	103,20	106,10	103,20	106,10
4	104,20	106,80	101,90	106,00
5	103,30	106,30	102,20	105,90
\bar{x}	104,10	106,7	101,60	104,90
DE	1,19	1,11	1,32	1,65
C.V.	1,20%	1,10%	1,30%	1,60%

¹ Cada dato corresponde a la media de un triplicado expresado en g/L.

3.2.6. - ACIDOS ORGANICOS.

Estos compuestos son los que más van a contribuir al sabor y a la estabilidad física del mosto de uva y del vino.

Existen varios métodos que se han desarrollado para el análisis de los ácidos orgánicos como son los colorimétricos, enzimáticos y cromatográficos, éstos últimos capaces de analizar simultáneamente varios ácidos.

La cromatografía líquida es una buena herramienta, pero la falta de un fuerte cromóforo en la mayoría de los ácidos de interés, origina problemas de interferencias como la coelución de los compuestos, y de baja sensibilidad.

Para optimizar la separación cromatográfica de los ácidos orgánicos en mostos, se debe establecer el tipo adecuado de columna, fase móvil y detector.

Para la separación se usan columnas de fases reversas o de intercambio iónico. En el caso de la utilización de una fase estacionaria de fase reversa se necesita una preparación previa de la muestra, mientras que si la fase estacionaria es de intercambio iónico se reduce mucho ese proceso. Con la resina de intercambio iónico los procesos implicados en la separación y retención de los compuestos van a ser tanto una partición como una exclusión o intercambio iónico.

Respecto a la fase móvil utilizada se aumentó la concentración de ácido y con elevados volúmenes de esta fase, permite una alta recuperación de los diferentes ácidos orgánicos.

Los detectores más utilizados son los de absorción en el ultravioleta y los de índice de refracción. Si se emplea un detector de índice de refracción pueden existir interferencias con los azúcares del mosto, y debe hacerse en este caso antes del análisis por HPLC una separación previa de los azúcares de la muestra en dos fracciones: neutra y ácida. Se propuso la separación de los azúcares y de los compuestos fenólicos con cartuchos Sep-pack C18 (Millipore) de la fracción ácida, especialmente de los antocianos.

Se intenta en general una mayor limpieza de la muestra que evite cualquier tipo de interferencia. Mientras todos estos procedimientos de limpieza de la muestra mejoran la exactitud del análisis cromatográfico de los ácidos, se sacrifica la sensibilidad, simplicidad, y velocidad.

Los ácidos orgánicos mayoritarios identificados en el mosto se determinan simultáneamente gracias a la técnica de HPLC, y destacan tres fundamentalmente, el D(+)-tartárico, el L(-)-málico y el cítrico, este último se encuentra en muy pequeña proporción.

El cromatógrafo utilizado es el mismo que se citó anteriormente, las diferencias se encuentran en las condiciones fijadas como la columna empleada, la fase móvil, y el detector utilizado:

- Precolumna del mismo relleno que la columna utilizada (Waters, Guard-Pak™ Inserts).

- Columna Aminex HPX-87C (Bio-Rad), de 300 x 7,8 mm y de 9 µm de tamaño de partícula.

- Detector de ultravioleta-visible de longitud de onda variable (Waters, mod. 996).

Al igual que en el caso de los azúcares, la muestra de mosto se descongela en las mismas condiciones para redissolver los tartratos, se pasa por sep-pack C18 a pH adecuado, y por filtro Millipore de 0,45 µm de diámetro de poro (sistema de filtración Micro-Syringe 25 mm Filter-Holder Luer Inlet, Millipore), finalmente se inyectan 10 µl (el mismo volumen que en los patrones).

Las condiciones cromatográficas que se emplean implican una separación isocrática, utilizando como eluyente un ácido mineral diluido a un flujo de 0,6 mL/min. La composición de la fase móvil es una mezcla de dos soluciones, un 96% de una mezcla equimolecular de SO_4H_2 0,005 M (Titrisol de Merck) y SO_4Ca dihidratado 0,0005 M (Merck) y un 4% de acetonitrilo (Scharlau). La separación se realiza en una columna empaquetada con resina de intercambio

fuertemente catiónica, sometida a una temperatura de 85°C dentro de un horno controlado electrónicamente, pasando finalmente a un detector de ultravioleta-visible a una λ de 210 nm.

La identificación se realiza en función de los tiempos de retención de los patrones de cada ácido, inyectados de forma sucesiva en unas condiciones ya fijadas (Figura III). Se comprueba la pureza del pico gracias a la normalización y comparación de los espectros en varias secciones de cada pico cromatográfico (Figura IV).

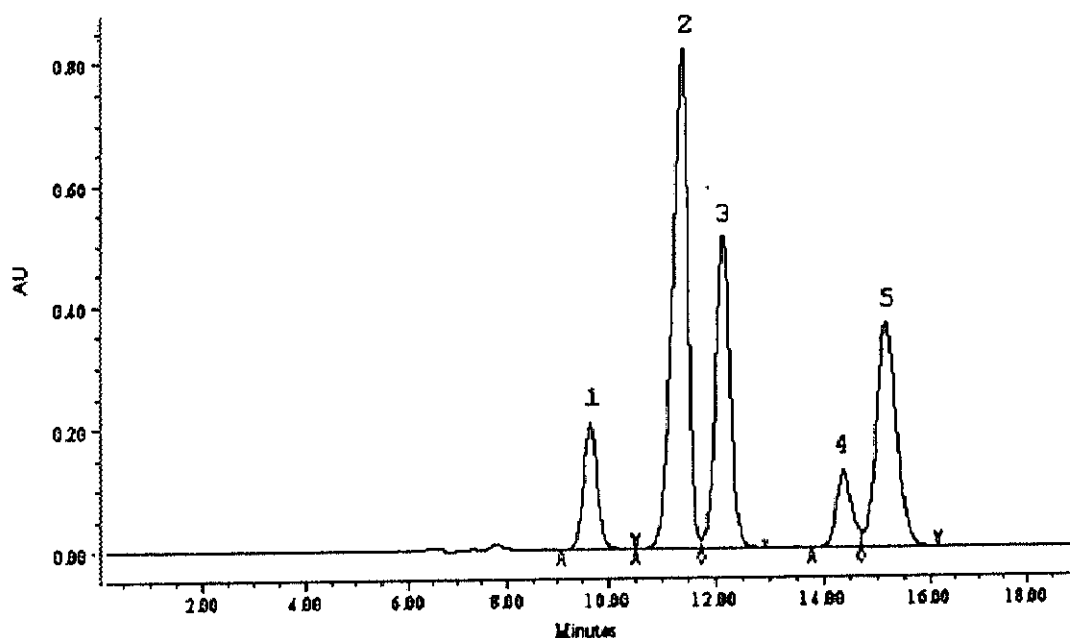
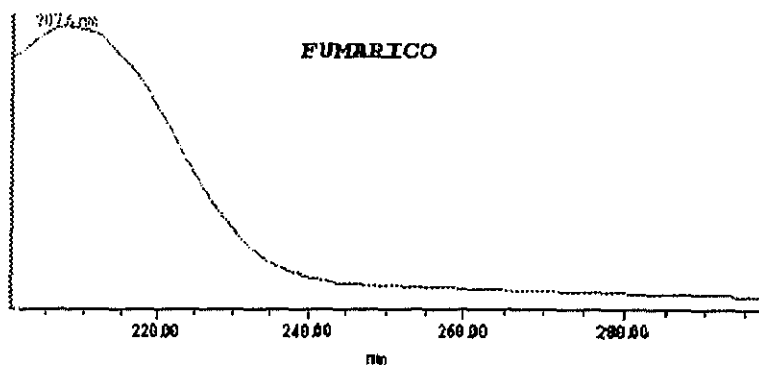
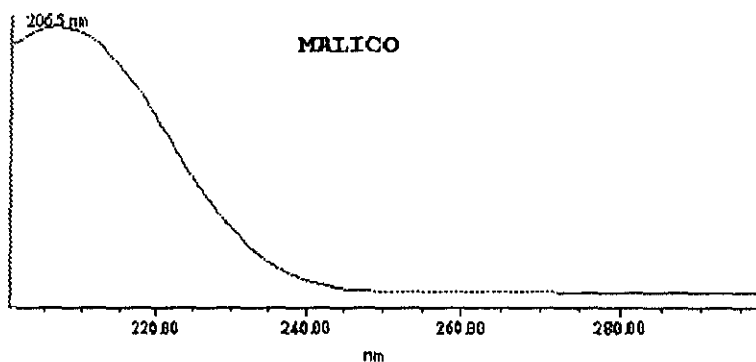
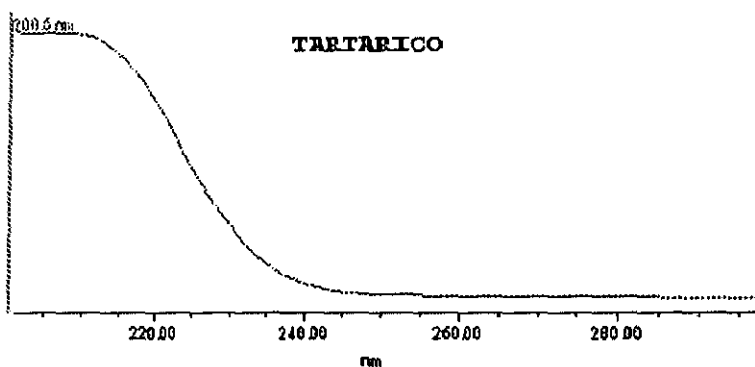
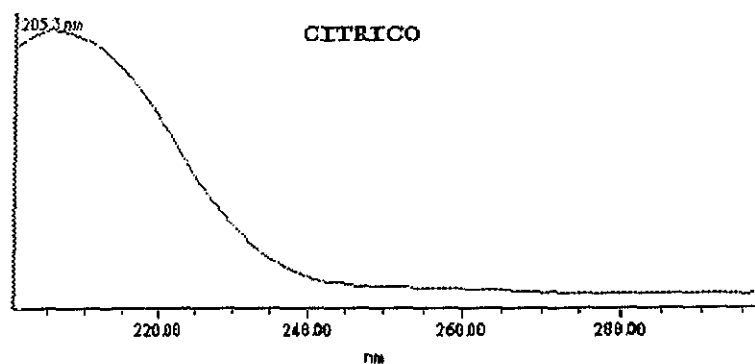


Figura III.- Cromatograma de sustancias patrón: 1=cítrico, 2=tartárico, 3=málico, 4=acético, 5=fumárico.

En este caso se sabe que el área del pico cromatográfico de un ácido cualquiera corresponde a la suma del ácido libre, la sal ácida y la sal neutra. Las proporciones en que se encuentran esos compuestos se pueden calcular por las fórmulas de Henderson-Hasselbach.

La cuantificación de los ácidos orgánicos en las muestras de mosto se realiza utilizando la calibración con patrón externo, basada en la aplicación a las áreas de los picos cromatográficos identificados de la correspondiente recta de regresión. El valor obtenido se multiplica por el factor de dilución, en caso de haberlo realizado, y se obtiene la concentración de cada ácido en g/L de mosto. Las diluciones con agua bidestilada sólo se realizan cuando las cantidades de ácidos

Figura IV.- Espectros de los ácidos orgánicos presentes en el mosto.



presentes en el mosto son muy elevadas, y esto sucede en las fechas iniciales de muestreo, a medida que avanza la maduración va a ir disminuyendo progresivamente esa acidez.

Este método se ha validado a través de los siguientes ensayos:

a) Rectas de calibrado

Para determinar la linealidad de respuesta y el rango del método de análisis de los distintos ácidos orgánicos, se utilizaron concentraciones crecientes para cada uno de los distintos componentes estándar, así para el ácido tartárico el intervalo de concentraciones está entre 1-18 g/L, para el málico entre 1-23 g/L, y para el cítrico entre 0,1-1,0 g/L.

Se prepararon soluciones patrón que contenían mezclas de los distintos ácidos de calidad analítica, el D(+)-tartárico (Merck), DL-málico (Merck), y cítrico (Merck). Estas soluciones se usan para realizar las curvas de calibrado correspondientes a cada ácido, eligiendo concentraciones crecientes de cada uno de ellos en función de las cantidades presentes en el mosto a lo largo de todo el proceso de maduración, y teniendo en cuenta el rango lineal dentro del que se mueve cada ácido. Una vez inyectados los patrones, se hicieron las curvas de calibrado con cada uno de ellos (Figura V).

Las ecuaciones de las rectas de regresión obtenidas para los distintos ácidos son:

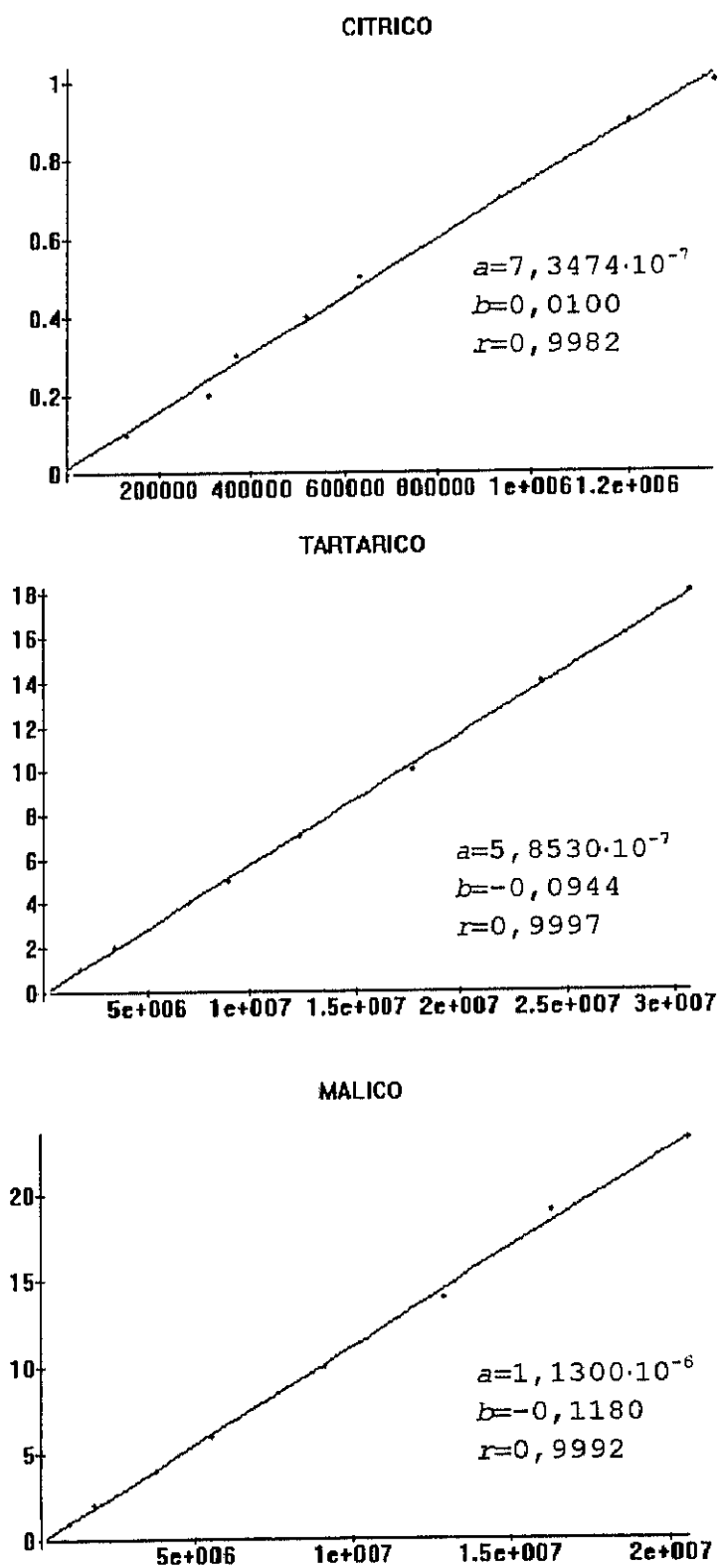
$$\begin{array}{l} \text{Cítrico} \quad y = 7,3474 \cdot 10^{-7} x + 0,0100 \\ \quad \quad \quad r = 0,9982 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Tartárico} \quad y = 5,8530 \cdot 10^{-7} x - 0,0944 \\ \quad \quad \quad r = 0,9997 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Málico} \quad y = 1,1300 \cdot 10^{-6} x - 0,1180 \\ \quad \quad \quad r = 0,9992 \end{array}$$

donde la y es la concentración de cada ácido expresada en g/L y la x es el área del pico cromatográfico.

Figura V .- Rectas de calibrado de los tres ácidos orgánicos.



A través de los coeficientes de correlación próximos a la unidad en el caso de los tres ácidos, así como los términos independientes próximos a cero, es posible comprobar que el método es adecuado para el análisis de ácidos orgánicos en mosto.

b) Ensayo de exactitud

Para conocer la exactitud de este método se realizaron tres adiciones de concentraciones diferentes con los tres ácidos, inyectándose a continuación para conocer la recuperación del componente añadido.

Las concentraciones de los tres ácidos proceden de la media de un triplicado y vienen expresadas en g/L.

Los porcentajes de recuperación obtenidos para cada ácido orgánico figuran en la Tabla IV

Tabla IV.- Ensayo de exactitud para el método de análisis de los ácidos orgánicos.

	C. Inicial	C. Adicionada	C. Final	Recuperación%	
			$\bar{x} \pm DE$	$\bar{x} \pm DE$	C.V.
Tartárico	3,92	4,00	7,74 \pm 0,04	96,20 \pm 2,69	2,80%
	3,79	6,00	9,82 \pm 0,04	98,90 \pm 1,51	1,50%
	3,96	9,00	13,07 \pm 0,09	102,00 \pm 0,45	0,40%
Málico	3,62	4,00	7,53 \pm 0,04	97,60 \pm 2,10	2,20%
	3,56	6,00	9,62 \pm 0,04	99,90 \pm 1,16	1,20%
	3,70	9,00	12,89 \pm 0,13	103,00 \pm 0,85	0,80%
Cítrico	0,21	0,50	0,65 \pm 0,01	89,00 \pm 3,08	0,80%
	0,21	1,00	1,06 \pm 0,01	84,90 \pm 0,20	0,20%
	0,21	2,00	1,90 \pm 0,01	84,30 \pm 0,64	0,80%

Del conjunto de porcentajes de recuperación obtenidos se deduce que este método es adecuado para el análisis individual de ácidos orgánicos en mostos.

c) Ensayo de precisión

Tabla V.- Ensayo de precisión del método de análisis de ácidos orgánicos.

Ensayo	Tartárico	Málico	Cítrico
1	3,89	3,63	0,18
2	3,95	3,68	0,17
3	3,60	3,41	0,17
4	3,65	3,52	0,16
5	3,57	3,34	0,17
6	3,55	3,53	0,18
\bar{x}	3,70	3,52	0,17
DE	0,17	0,13	0,01
C.V.	4,60%	3,60%	2,80%

Tabla VI.- Comparación de las metodologías aplicadas al análisis de ácidos orgánicos.

	Ensayo	Tartárico	Málico	Cítrico
METODO A	1	3,10	3,39	0,37
	2	2,99	3,38	0,36
	3	2,98	3,19	0,37
	4	3,04	3,45	0,39
	5	3,16	3,44	0,37
	\bar{x}	3,06	3,37	0,37
	DE	0,08	0,11	0,01
	C.V.	2,50%	3,20%	2,60%
METODO B	1	2,89	3,44	0,34
	2	2,74	3,28	0,35
	3	2,86	3,10	0,37
	4	2,84	3,284	0,36
	5	3,00	3,26	0,36
	\bar{x}	2,86	3,27	0,36
	DE	0,09	0,12	0,01
	C.V.	3,30%	3,70%	3,00

Es necesario conocer la reproductibilidad del método aplicado, es decir, la variabilidad de la medida determinada en diferentes días. Se aplica por triplicado el método a una muestra y se repite el proceso durante seis días diferentes, correspondiendo cada uno de los datos obtenidos a la media de un triplicado expresado en g/L (Tabla V).

Se han obtenido coeficientes de variación inferiores al 5% que indican la adecuada precisión del método seleccionado.

d) Otros ensayos

Antes de elegir el método de análisis se comprueban los resultados con otra metodología para comparar las concentraciones halladas. El método de comparación seleccionado consiste en la extracción de los ácidos del mosto de igual modo que en se realizaba el caso de la extracción de los azúcares. Ese extracto a pH adecuado se pasa a través de un sep-pacK C18 para eliminar los polifenoles, fundamentalmente antocianos, finalmente se pasa por un filtro Millipore de 0,45 μm y se inyectan 10 μL en el cromatógrafo.

Todos los datos obtenidos para cada ácido corresponden a la media de un triplicado y vienen expresados en g/L, repitiéndose el método durante cinco días consecutivos (Tabla VI).

Los coeficientes de variación en el método B son ligeramente mayores que en el método A.

3.2.7.- CATIONES MAYORITARIOS.

Las técnicas empleadas para medir los cationes en el mosto han sido la espectroscopía de emisión atómica y de absorción atómica, que fundamentalmente consisten en la absorción de radiaciones a determinadas longitudes de onda por parte de los átomos en estado fundamental. La fuente de radiaciones características del elemento que deseamos analizar, se obtiene mediante una lámpara que contiene un cátodo de la misma naturaleza que el elemento que queremos medir. A esta lámpara se le suministra una fuerte cantidad de energía mediante una corriente eléctrica, a una diferencia de potencial e intensidad determinada. Esa energía es capaz de excitar el cátodo, para llevar sus átomos al estado excitado, emitiendo radiaciones características del elemento a medir.

El sistema para obtener los átomos en estado fundamental consiste en un nebulizador capaz de llevar la muestra a un sistema de energía que va a romper los enlaces de las moléculas. Ese sistema energético suele ser una llama obtenida por la combustión del acetileno y el aire. Una vez que se obtienen los átomos en estado fundamental se hace incidir las radiaciones de la lámpara de ese mismo tipo de elemento por lo que se consigue la excitación de los átomos al absorber la radiación. La radiación que atraviesa la llama pasa un monocromador con una capacidad de resolución que permite aislar la radiación de interés, luego es recogida por el detector y procesadas por un sistema electrónico.

La diferencia entre el proceso de absorción atómica y el de emisión, es que en el primer caso se mide la cantidad de luz transmitida al atravesar ésta un medio absorbente y en el segundo la cantidad de energía emitida. En el caso de la espectroscopía de emisión no se utiliza lámpara como fuente de energía de excitación sino la propia llama que además lleva a los átomos al estado fundamental, y la cantidad de luz emitida es proporcional al número de átomos en estado excitado. En el caso de la técnica de absorción se sabe que en función de la intensidad de la radiación que llega al detector se cuantifica el elemento presente en la muestra y la absorción de la radiación obedece la ley de Lambert-Beer.

La técnica de absorción atómica ofrece unas ventajas como son la gran sencillez de operación, los límites de detección inferiores a las ppm y que presenta relativamente pocas interferencias. Los inconvenientes son las posibles interferencias, el tener que analizar los elementos de uno en uno, y el hecho de que las curvas de calibrado sólo son lineales en un intervalo corto de concentraciones.

Los elementos más significativos en el mosto desde el punto de vista cuantitativo son el potasio, calcio, magnesio, y sodio. Para su determinación se sigue el método oficial de análisis de zumos de uva descrito en el B.O.E. 110 (7-Mayo-1988).

Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin-Elmer, mod. 1100), que puede ser usado tanto para absorción como para emisión atómica, en este último caso no se usa lámpara porque la energía de excitación la proporciona una llama formada por una mezcla de aire-acetileno (8,0-2,5 L/min respectivamente).

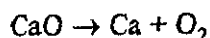
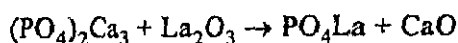
La preparación de la muestra consistió en descongelar y centrifugar el mosto, homogeneizar el sobrenadante, tomar una parte alícuota y diluirla en función de la concentración del cation correspondiente, dependiendo esto del momento de la maduración que se trate, y del intervalo lineal de cada uno de ellos. La muestra después de ser aspirada por el efecto venturi

llega a la llama y después de 0,3 segundos se hace la lectura a la λ adecuada, el tiempo que utiliza en la medida es de 1 segundo, repitiéndose tres veces la lectura de la muestra.

En el caso de la determinación del potasio y del sodio la medida se realiza por emisión atómica previa adición de cloruro de litio, tanto a patrones como a muestras, para evitar las interferencias por la ionización parcial que pueden sufrir los metales alcalinos al utilizar una llama de aire-acetileno. Esta llama tiene una energía suficiente como para provocar una ionización de esos elementos y por tanto van a existir menor cantidad de átomos en estado fundamental con las consiguientes lecturas de absorbancia inferiores. Para eliminar esta interferencia, se añade un elemento más fácilmente ionizable o en una concentración mayor al elemento a medir, para que se origine una mayor densidad electrónica que impida la ionización del elemento alcalino de interés.

Las condiciones utilizadas en la cuantificación del potasio son: una λ de lectura de 766,5 nm y un slit de 0,7 nm; mientras que en el caso del sodio: la λ de lectura es de 588,7 nm y el slit de 0,2 nm. Se hacen tres lecturas por muestra y el dato final es la media.

En el caso del calcio y del magnesio la determinación es por absorción atómica. Para evitar las interferencias químicas debido a la presencia de fosfatos en la muestra se añade óxido de lantano tanto a patrones como a muestras. Esta interferencia es debida a la posible formación de compuestos termoestables (entre los fosfatos presentes y el calcio o el magnesio) a la temperatura de combustión de la llama, interfiriendo así en la obtención de átomos en estado fundamental. Las moléculas de fosfato cálcico o magnésico atraviesan la llama sin absorber la radiación, pero el óxido de lantano añadido reacciona con el fosfato desplazando al calcio o magnesio y originando un compuesto que ya si absorbe la radiación en la llama. Las concentraciones añadidas suelen estar entre el 0,1 y 1%; concentraciones superiores no suponen ninguna ventaja desde el punto de vista de eliminación de interferencias:



Las condiciones en las que se realizó la medida para la cuantificación del calcio son gracias a una lámpara de calcio de cátodo hueco (Perkin-Elmer) alimentada con una corriente continua de 10 mA que proporciona una energía suficiente (60-70), la λ de lectura es de 422,7 nm. y el slit de 0,7 nm. En el caso del magnesio las condiciones utilizadas son las mismas que en el caso del

calcio salvo que la lámpara usada es de magnesio (Perkin-Elmer) alimentada con una corriente de 6 mA, y la λ de lectura es de 284,9 nm.

Los ensayos realizados para estos cationes son:

a) Rectas de calibrado

Cada vez que se empezó una serie de muestras se prepararon soluciones patrón de cada elemento, con sus adecuadas curvas de calibración, siendo todas las curvas del mismo elemento muy semejantes entre sí. Es necesario trabajar siempre en el intervalo de la linealidad de concentración de cada elemento, y las muestras deben ser diluidas en el caso de superar la máxima concentración, pero nunca extrapolar.

En el caso del potasio se preparan soluciones patrón con concentraciones crecientes de 1 a 5 ppm para el K, a partir de una solución madre de cloruro de potasio de 1000 ppm (Perkin-Elmer), y para el sodio a partir de una solución patrón de sodio de 1000 ppm (Perkin-Elmer) se preparan soluciones de 1 hasta 3 ppm de Na. A cada uno de los patrones, tanto de sodio como de potasio, se añade una cantidad de cloruro de litio tal que cada patrón tenga una concentración de 2 g/L de litio. Paralelamente se prepara un blanco que es una solución de 2 g/L de litio en agua bidestilada. Se miden las lecturas de los patrones directamente en el espectrofotómetro por emisión, y con esas medidas se obtienen las curvas respectivas de calibrado (Figura VI).

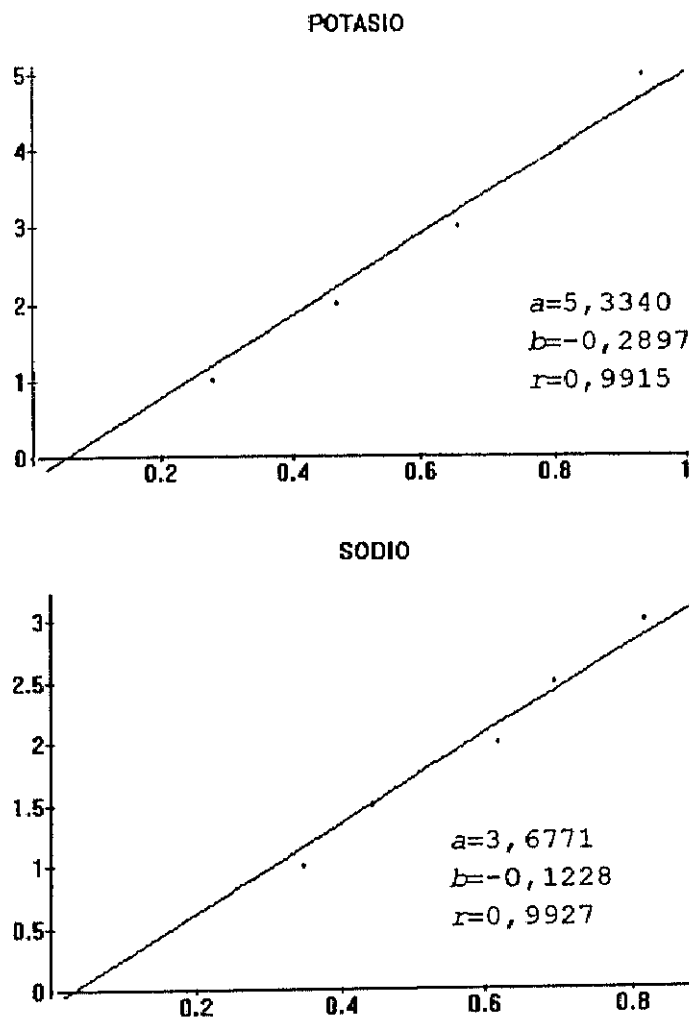
Las ecuaciones correspondientes a esas curvas de calibrado obtenidas a partir de concentraciones conocidas y de las lecturas medidas son:

$$\begin{array}{l} \text{Potasio} \quad y = 5,3340 \cdot x - 0,2897 \\ \quad \quad \quad r = 0,9915 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Sodio} \quad y = 3,6771 \cdot x - 0,1228 \\ \quad \quad \quad r = 0,9927 \end{array}$$

donde la y es la concentración del potasio o del sodio expresada en mg/L y la x es la lectura en el espectrofotómetro.

Figura VI.- Rectas de calibrado de los cationes medidos por emisión.



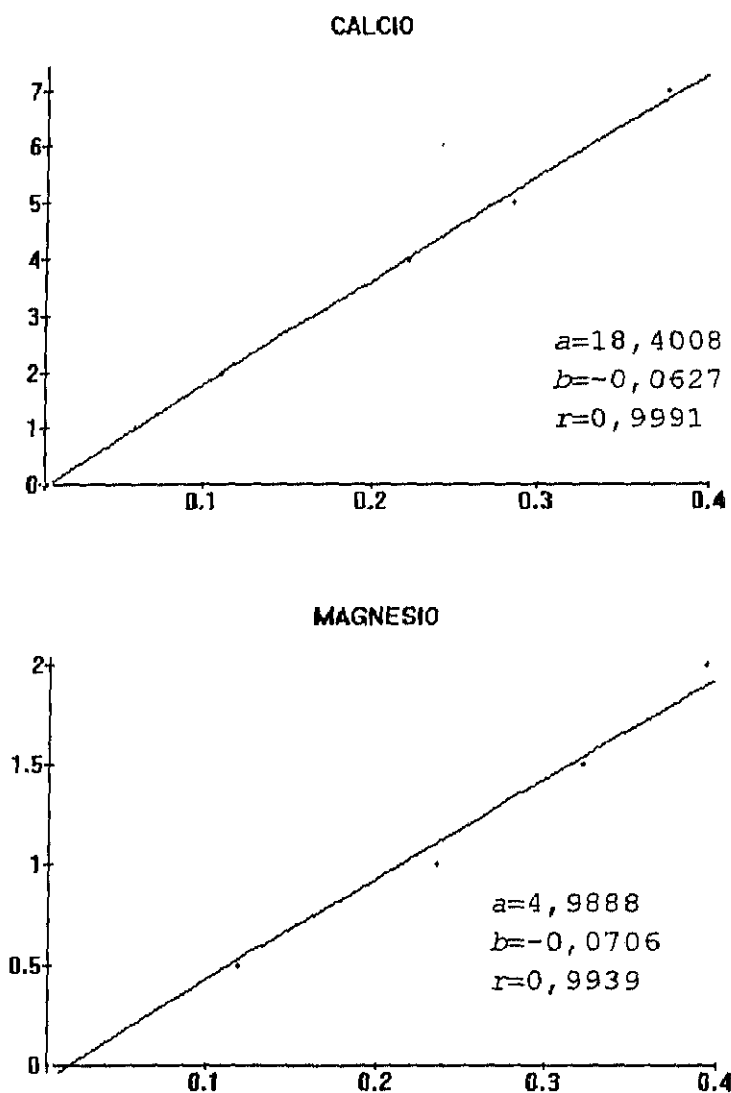
Para los dos casos los coeficientes de correlación obtenidos de las rectas de regresión son muy próximos a la unidad, lo que pone de relieve que el método es adecuado.

Esa ecuación se aplica a cada una de las lecturas de las muestras obteniendo un dato de concentración y que se multiplica por un factor de dilución, siendo en el caso del potasio de 500, y en el del sodio de 10, así se conoce la concentración de potasio y sodio en el mosto expresada en g/L o mg/L respectivamente.

En el caso del calcio y del magnesio, los patrones que se preparan son de concentraciones crecientes comprendidas entre 1 y 7 ppm para el calcio y entre 0,5 y 2,0 ppm para el magnesio, preparadas a partir de una solución madre de 1000 ppm de calcio o magnesio (Perkin-Elmer). A

todos ellos se les añade la cantidad adecuada de óxido de lantano (Merck) para que la concentración final sea de 0,5%. Paralelamente se prepara la solución blanco que contiene únicamente un 0,5% de lantano en agua bidestilada. Se miden en el espectrofotómetro, obteniendo unas lecturas de absorbancia que permiten representar las distintas curvas de calibrado (Figura VII).

Figura VII.- Curvas de calibrado de los cationes que se determinan por absorción atómica.



Las ecuaciones de las rectas obtenidas a partir de los datos de esas concentraciones y las correspondientes lecturas son:

$$\begin{array}{l} \text{Calcio} \quad y = 18,4008 \cdot x - 0,0627 \\ \quad \quad \quad r = 0,9991 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Magnesio} \quad y = 4,9888 \cdot x - 0,0706 \\ \quad \quad \quad r = 0,9939 \end{array}$$

donde la y es la concentración del calcio expresada en mg/L y la x es la lectura en el espectrofotómetro.

Para los dos casos los coeficientes de correlación obtenidos de las rectas de regresión son muy próximos a la unidad, lo que pone significa que el método es adecuado.

Esa ecuación se aplica a cada una de las lecturas de las muestras obteniendo un dato de concentración y que se multiplica por un factor de dilución, siendo 20 para el caso del calcio y 100 para el magnesio, y así se cuantifica la concentración de esos cationes en el mosto expresados en mg/L.

b) Ensayo de exactitud

Para que los datos obtenidos sean exactos es necesario además de una buena calibración eliminar las posibles interferencias. Una manera de comprobar la existencia de interferencias es añadir sobre la matriz de la muestra con la que se trabaja distintas concentraciones conocidas del elemento a medir, de tal manera que la diferencia de la lectura entre la muestra adicionada y sin adicionar sea igual a la concentración del elemento añadido.

Las concentraciones de sodio, calcio, magnesio y potasio proceden de la media de un triplicado y vienen expresadas en mg/L (Tabla VII).

Del conjunto de porcentajes de recuperación obtenidos se deduce que estos métodos son adecuados para el análisis de cationes en el mosto.

c) Ensayo de precisión

Se han realizado a partir de la misma muestra análisis por triplicado durante un periodo de

Tabla VII.- Ensayo de exactitud para el método de análisis de los cationes mayoritarios.

	C. Inicial	C. Adicionada	C. Final	Recuperación%	
			$\bar{x} \pm DE$	$\bar{x} \pm DE$	C.V.
Potasio	1,17	1,00	2,21 \pm 0,03	103,7 \pm 4,16	4,00%
	1,17	2,00	3,24 \pm 0,05	103,2 \pm 2,84	2,80%
	1,17	3,00	4,10 \pm 0,03	97,5 \pm 1,08	1,10%
Sodio	0,54	0,50	1,10 \pm 0,04	112,9 \pm 2,73	2,40%
	0,54	0,80	1,33 \pm 0,06	98,9 \pm 1,02	1,00%
	0,54	1,20	1,65 \pm 0,04	92,6 \pm 1,23	1,30%
Calcio	1,28	1,00	2,30 \pm 0,11	102,3 \pm 2,08	2,00%
	1,28	2,00	3,32 \pm 0,04	102,0 \pm 5,00	4,90%
	1,28	3,00	4,32 \pm 0,07	101,4 \pm 4,84	4,80%
Magnesio	0,39	0,50	0,86 \pm 0,01	94,7 \pm 1,16	1,20%
	0,39	1,00	1,33 \pm 0,02	94,3 \pm 2,08	2,20%
	0,39	1,50	1,86 \pm 0,02	98,0 \pm 1,30	1,30%

Tabla VIII.- Ensayo de precisión de los métodos de análisis de cationes en mostos.

Ensayo	Potasio	Sodio	Calcio	Magnesio
1	1,17	0,48	1,28	0,39
2	1,30	0,48	1,17	0,42
3	1,25	0,43	1,10	0,36
4	1,26	0,46	1,16	0,37
5	1,26	0,44	1,19	0,37
6	1,17	0,43	1,16	0,39
\bar{x}	1,24	0,45	1,18	0,38
DE	0,04	0,02	0,04	0,01
C.V.	3,40%	5,10%	3,30%	3,90%

seis días consecutivos para cada uno de los elementos. Los resultados correspondientes a cada cation están expresados en mg/L (Tabla VIII).

Se han obtenido coeficientes de variación inferiores al 5% excepto para el sodio, que indican una adecuada precisión del método.

d) Otros ensayos

Se ha realizado la determinación de los cationes del mosto por la vía seca (método B) siguiendo el método oficial de análisis de zumos de uva descrito en el B.O.E. 110 (7-Mayo-1988), para contrastar los datos con los obtenidos por el método aplicado en este trabajo (método A).

Tabla IX.-Comparación de las metodologías aplicadas al análisis de cationes en el mosto.

	Ensayo	Potasio	Sodio	Calcio	Magnesio
METODO A	1	2,50	0,88	1,94	0,43
	2	2,54	0,90	1,88	0,45
	3	2,56	0,80	1,86	0,43
	4	2,55	0,79	1,84	0,43
	5	2,51	0,89	1,90	0,42
	\bar{x}	2,53	0,85	1,88	0,43
	DE	0,03	0,05	0,04	0,01
	C.V.	1,00%	6,20%	2,00%	2,50%
METODO B	1	2,08	0,91	2,04	0,44
	2	2,07	0,97	2,14	0,45
	3	1,91	1,13	2,07	0,42
	4	1,89	0,98	2,16	0,43
	5	1,91	1,02	2,10	0,41
	\bar{x}	1,97	1,00	2,10	0,43
	DE	0,09	0,08	0,05	0,02
	C.V.	4,80%	8,20%	2,30%	3,70%

En el primer caso se trata de eliminar las posibles interferencias debidas a la matriz de la muestra, sin embargo requiere hacer mayor número de manipulaciones que pueden introducir errores más altos.

El método consiste en tomar un volumen exactamente medido de mosto bien homogeneizado que se va a evaporar en estufa de aire caliente para eliminar la totalidad del agua hasta alcanzar una consistencia siruposa. Se incinera en la mufla a 550 °C durante 6 a 8 horas, hasta conseguir cenizas totalmente blancas. Ahora se añaden 2 mL de ClH al 50% y 2 mL de NO_3H al 50% para su disolución, se filtra por un filtro de jarabe (Albert 240) a un matraz aforado, completando con agua bidestilada hasta un volumen fijado en función del elemento a medir. El blanco se realizó de la misma manera sustituyendo el volumen de muestra por agua bidestilada. En el caso del sodio y el potasio se añadió cloruro de litio en una concentración de 2 g/L y para el calcio y el magnesio se añadió óxido de lantano en una proporción de un 0.5%. El proceso se realizó por triplicado para cada uno de los cationes durante cinco días consecutivos. Los datos por tanto son la media de ese triplicado expresando los cationes en mg/L (Tabla IX).

Los coeficientes de variación obtenidos por el método B para los distintos cationes son superiores a los alcanzados por el método A.

3.2.8.- FRACCION POLIFENOLICA.

A pesar de la creciente importancia en los métodos instrumentales, la espectrofotometría se sigue usando frecuentemente para la determinación de muchas sustancias. Estos métodos son fáciles de realizar, requieren un instrumental relativamente sencillo, y son suficientemente sensibles para ciertos compuestos. Las radiaciones van a incidir sobre la materia y se va a producir una absorción de la misma, esa absorción se va a emplear para identificar sustancias debido a que las distintas interacciones son características de las distintas especies químicas.

El espectrofotómetro permite hacer incidir los fotones de una determinada frecuencia en el compuesto estudiado, y va a detectar y registrar si esos fotones han sido absorbidos o transmitidos. La intensidad de absorción a una determinada λ depende de la naturaleza de las moléculas absorbentes, de la concentración de las moléculas, y de la longitud de la trayectoria de la radiación, y se expresa según la ecuación de Lambert-Beer:

$$A = \epsilon \cdot c \cdot l$$

donde A es la absorbancia, ϵ es el coeficiente de extinción molar, c es la concentración en moles por litro, y l es la longitud de la trayectoria en cm.

La transmitancia de la luz se relaciona con la absorbancia por la siguiente ecuación:

$$A = -\log T$$

Esta ley asume que la radiación incidente es monocromática, el espesor es constante y cada sustancia absorbente se comporta de forma independiente al resto. Al representar gráficamente las absorbancias frente a las concentraciones da una línea recta que pasa por el origen y con una pendiente cuyo valor es $\epsilon \cdot l$, si aumentamos progresivamente las concentraciones llega un momento en que deja de ser lineal y no se cumple la ley, por lo que las muestras muy concentradas deben de ser diluidas por debajo de ese límite. Debido a la relación logarítmica entre transmitancia y concentración, pequeños errores en la medida de la transmitancia se traducen en altos errores relativos en la concentración calculada, cuando las transmitancias son altas o bajas. Por eso se debe ajustar la concentración de la muestra con diluciones para que la absorbancia esté comprendida entre 0,2 y 0,7. En los modernos espectrofotómetros no existen errores tan grandes debido a la mejora en los sistemas electrónicos para obtener adecuadas relaciones señal/ruido.

Después de una reacción química los elementos se determinan midiendo la absorción selectiva de luz por los productos resultantes de la reacción. Las reacciones químicas se realizan con reactivos redox o agentes complejantes, que son fundamentalmente orgánicos. Esos compuestos formados se pueden extraer en disolventes orgánicos aumentando así la selectividad y la sensibilidad, la selectividad se puede aumentar optimizando el valor de pH o añadiendo sustancias complejantes que enmascaran las interferencias. La determinación cuantitativa se basa en la reacción de Lambert-Beer.

3.2.8.1.- Polifenoles totales

Según la bibliografía revisada la metodología más utilizado en el análisis de mostos es la descrita por Singleton y Rossi (1965), utilizando la técnica de absorción en el ultravioleta-visible.

El método para los polifenoles se basa en la reacción de color con el reactivo de Folin-Ciocalteu, cuya absorbancia se mide a 765 nm. En este análisis, el reactivo de Folin-Ciocalteu (mezcla de ácidos fosfotúngstico y fosfomolibdico) se reduce al ponerse en contacto con los compuestos polifenólicos, desarrollándose una coloración azul (mezcla de óxidos de tungsteno y

de molibdeno que tienen dicho color), cuya intensidad será directamente proporcional a la cantidad de compuestos polifenólicos presentes en la muestra. Como toda determinación general esta reacción tiene el inconveniente de englobar aquellas sustancias fácilmente oxidables como es el caso de los azúcares, siendo más susceptible la fructosa que la glucosa debido a la formación de endioles en medio alcalino. Se ha realizado la determinación de esa posible interferencia de los azúcares en el mosto analizado (Tabla XII).

Se utilizó un espectrofotómetro (Perkin-Elmer, mod. 550-SE), cuyo intervalo de longitudes de onda está comprendido desde 195 nm hasta 750 nm.

El método consiste en tomar 1 mL del mosto y añadirlo en un matraz aforado de 100 mL. A continuación se añaden 60 mL de agua destilada, se agita y se adicionan 5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (Carlo-Erba), mezclando bien el conjunto. Después de 30 segundos y antes de 8 minutos se añaden 15 mL de carbonato sódico anhidro (Panreac) al 20%, se mezcla todo y finalmente se enrasa el matraz con agua destilada. La disolución se deja en reposo durante 2 horas a unos 24°C, para que se estabilice y desarrolle la coloración. La intensidad del color se mide a 765 nm, en cubetas de cuarzo de 10 mm de paso óptico, y frente a un blanco que se prepara igual que las muestras, pero con 1 mL de agua destilada.

Otro modo de determinar los polifenoles totales es midiendo la absorbancia del mosto a 280 nm. Esta absorción en el ultravioleta es principalmente debida a los ciclos bencénicos, y nos da una aproximación de los compuestos fenólicos. La medida se hace en cubetas de cuarzo de 10 mm de paso óptico frente al agua destilada. Existe una relación entre esta determinación y el índice de Folin-Ciocalteu:

$$\frac{D_{280}}{FC} = 1,2 \text{ Y } 1,3$$

3.2.8.2.- Antocianos totales.

Se sigue el método general estandarizado por Ribéreau-Gayon y Stonestreet (1965). El fundamento se basa en la diferente absorción de los pigmentos presentes, medida en un espectrofotómetro de ultravioleta-visible.

El proceso consiste en provocar un descenso del pH del mosto (pH=0,5-0,8), para asegurar que las moléculas de antocianos estén bajo la forma de ion flavilio (color rojo). La intensidad de

color producida se determina a una λ de 520 nm, longitud de onda de máxima absorptividad molar de la malvidina-3-glucósido que es el pigmento mayoritario en las uvas de *Vitis vinifera* L.

La modificación de la intensidad colorante entre dos valores de pH, es proporcional a la concentración de pigmentos. Estos cambios de color y por tanto de las absorbancias, van a afectar de forma acusada a los pigmentos sin polimerizar, mientras que sólo ligeramente a los polimerizados.

El método consiste en añadir a cada uno de los dos tubos de ensayo 1 mL de mosto y 1 mL de una solución al 0,1% de ClH en etanol del 95%. En este momento se añade a uno de los dos tubos 10 mL de ClH al 2% y al otro 10 mL de solución tampón fosfato/citrato con un pH de 3,5. La lectura de la absorbancia se realiza en un espectrofotómetro (Perkin-Elmer, mod. 550-SE), a 520 nm frente a un blanco, que en este caso es agua, utilizando cubetas de cuarzo de 10 mm de paso óptico. Se calcula la diferencia de absorbancias de las disoluciones de distinto pH, correspondientes a los dos tubos.

Todas las lecturas de absorbancia deben hacerse dentro de la hora de la adición de reactivos, ya que sino se oxida la materia colorante.

3.2.8.3.- Taninos condensados totales.

El método que se siguió es el recomendado por Ribéreau-Gayon y Stonestreet (1966) para los taninos procedentes de los leucoantocianos condensados. Ellos utilizaron, además de ésta, otras técnicas diferentes que no dieron mejores resultados.

El fundamento de este método consiste en utilizar la propiedad que poseen estos compuestos de transformarse en antocianos por calentamiento en medio ácido. La reacción no es total y el rendimiento no es muy elevado dependiendo de la técnica, que debe ser rigurosamente fijada, si bien es suficiente para realizar una medida global de estos compuestos. El rendimiento de la transformación es mejor en medio alcohólico que acuoso, pero la reproducibilidad no es tan buena. Se pueden producir reacciones de condensación acentuada que conducen a productos de color marrón-negro insolubles, los flobafenos.

La dosificación colorimétrica se realiza sobre los antocianos formados, teniendo en cuenta que se admite en una primera aproximación, que los que ya existían (en el caso de las variedades tintas), no van a variar mucho durante el proceso de calentamiento.

El método consiste en añadir a cada uno de los dos tubos de ensayo utilizados 4 mL de la misma muestra del mosto, previamente diluido si es necesario (en nuestro caso las muestras de mosto se diluyen 1:10). A cada uno de ellos se añade 2 mL de agua destilada y 6 mL de CIH al 35%. Uno de los dos tubos se calienta al baño maría a 100°C bajo refrigerante durante 15 minutos, a continuación se deja enfriar 10 minutos en una corriente de agua en la oscuridad. Se añade en los dos tubos, correspondientes a la misma muestra de mosto, 1 mL de etanol que intensifica y estabiliza la coloración.

Ahora se mide la densidad óptica de los dos tubos en un espectrofotómetro (Perkin-Elmer, mod. 550-SE) a 550 nm, en cubetas de cuarzo de 10 mm de paso óptico, frente al agua como blanco de referencia. La diferencia de absorbancia de los dos tubos corresponde a los antocianos formados durante el calentamiento. Esa diferencia de absorbancia se compara con la de una curva patrón, obteniendo la concentración de taninos del mosto.

Los ensayos realizados para validar los métodos espectrofotométricos que se acaban de describir son los siguientes:

a) Rectas de calibrado

Para conocer la linealidad de estos métodos y el rango de concentraciones dentro de las que se pueden realizar la medida de las muestras se construyen las siguientes curvas de calibrado:

*Polifenoles totales. Se preparan soluciones patrón de ácido gálico (Merck) en concentraciones finales que están comprendidas entre 50 y 500 mg/L, comprobando que se cumpla la ley de Lambert-Beer en ese intervalo escogido. A través de los datos obtenidos de absorbancias y concentraciones se representa las curvas de calibrado (Figura VIII).

Cada vez que se inicia una serie de análisis de muestras en días distintos se realiza este proceso, es decir se preparan soluciones patrón recientes. La ecuación de la recta de regresión queda definida por la siguiente ecuación:

$$\begin{array}{l} \text{Polifenoles totales} \quad y = 875,8035 \cdot x - 1,4744 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad r = 0,9997 \end{array}$$

donde la y es la concentración de los polifenoles totales expresados en mg/L de ácido gálico y la x es la lectura en el espectrofotómetro de ultravioleta-visible.

Esa ecuación se aplica a cada una de las lecturas de las muestras obteniendo un dato de concentración y que se multiplica por el factor de dilución, en caso de haberlo realizado, y así la concentración de polifenoles totales queda expresada en mg/L de mosto.

***Antocianos totales.** La curva de calibrado se realizó usando como patrón el cloruro de malvidin-3-O-glucósido (Sarsynthesé). Se preparan soluciones patrón de concentraciones comprendidas entre 25 y 300 mg/L en una solución de ClH al 0,1% en etanol de 95%. A cada una se le aplicó el método anterior, con la diferencia de que en vez de añadir 1 mL de solución al 0,1% de ClH en etanol del 95%, se añadió 1 mL de una solución de ácido tartárico al 0,5% (p/v) en etanol al 10%, consiguiendo un pH de 3,2 de esa solución. Todos los patrones se leen a 520 nm frente al agua. La curva de calibrado queda representada en la Figura VIII.

La ecuación que define la curva anterior viene expresada como:

$$\begin{aligned} \text{Antocianos totales} \quad y &= 259,0395 \cdot x + 0,3545 \\ r &= 0,9986 \end{aligned}$$

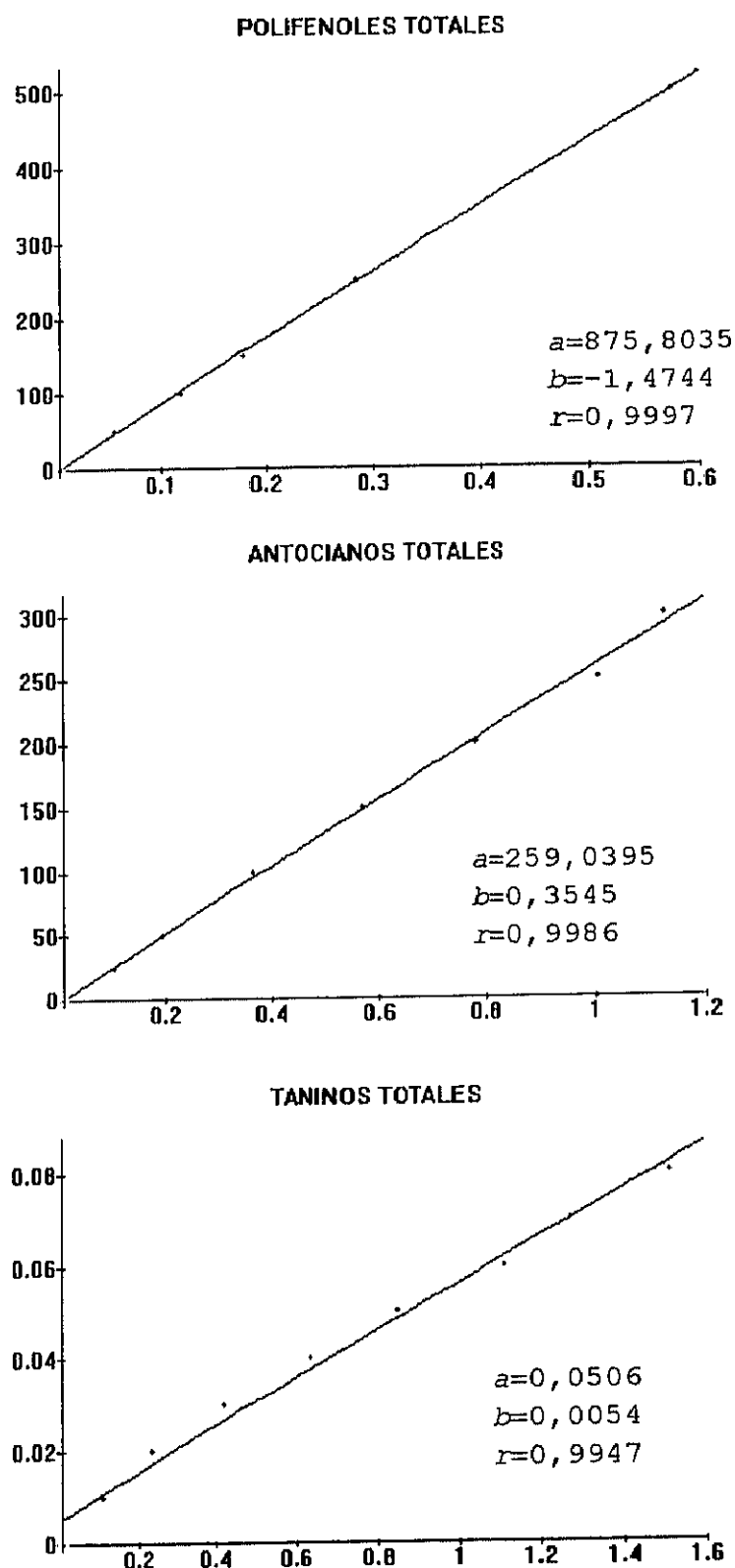
donde y es la concentración de antocianos totales en la muestra de mosto, expresado como mg de cloruro de malvidin-3-O-glucósido por 1000 mL de mosto, y x es la diferencia de absorbancias medidas en el espectrofotómetro de ultravioleta-visible.

Esa ecuación se aplica a cada una de las lecturas de las muestras obteniendo un dato de concentración y que se multiplica por el factor de dilución, en caso de haberlo realizado, y se obtiene la concentración de antocianos totales expresada en mg/L de mosto.

***Taninos totales.** La curva de calibrado se realizó a partir de soluciones patrón de catequina (Sigma) preparadas en concentraciones crecientes comprendidas entre 0,1 y 0,8 g/L. De cada una de esas soluciones patrón se tomaron en sendos tubos, 4 mL y se continuó con el método descrito anteriormente. Se obtiene así una curva de calibrado en la que se representan las diferencias de absorbancia frente a las concentraciones (Figura VIII).

La ecuación de esta recta de regresión viene definida por:

Figura VIII.- Curvas de calibrado de los compuestos polifenólicos en el mosto.



$$\begin{aligned} \text{Taninos totales} \quad y &= 0,0506 \cdot x + 0,0054 \\ r &= 0,9947 \end{aligned}$$

donde y es la concentración de taninos totales en la muestra de mosto, expresado como mg de catequina por 1000 mL de mosto, y x es la diferencia de absorbancias medidas en el espectrofotómetro de ultravioleta-visible entre los dos tubos.

Esa ecuación se aplica a cada una de las lecturas de las muestras obteniendo un dato de concentración y que se multiplica por el factor de dilución, en caso de haberlo realizado, y se obtiene la concentración de taninos totales expresado en mg/L de mosto.

b) Ensayo de exactitud

La validación del ensayo de exactitud para estos métodos figura en la Tabla X, y se ha realizado de la siguiente forma:

*Polifenoles totales. Se calculan los porcentajes de recuperación obtenidos después de la adición de concentraciones crecientes de ácido gálico (mg/L) a la muestra de mosto, y el dato es la media de aplicar tres veces el método de análisis.

*Antocianos totales. Para conocer la exactitud de este método se ha realizado una adición de malvidina en distintas concentraciones (mg/L) a la muestra de mosto y corresponden a la media de un triplicado.

*Taninos totales. En este caso no se ha utilizado la catequina como sustancia a adicionar, sino que se han añadido concentraciones crecientes del propio mosto, si bien las concentraciones de los taninos totales vienen expresadas en mg/L de catequina en el mosto.

El porcentaje de recuperación en estos métodos se encuentra dentro de unos límites aceptables, próximos al 100%, siendo ligeramente inferiores en el métodos de los taninos totales.

c) Ensayo de precisión

El estudio de la variabilidad de estas metodologías se recogen en la Tabla XI, y se han realizado así:

Tabla X.- Ensayo de exactitud de los métodos de análisis de la fracción polifenólica en los mostos.

	C. Inicial	C. Adicionada	C. Final	Recuperación%	
			$\bar{x} \pm DE$	$\bar{x} \pm DE$	C.V.
Polifenoles	116,43	60,00	177,68 \pm 1,76	102,09 \pm 3,23	3,20%
	116,43	100,00	220,40 \pm 3,01	103,97 \pm 3,47	3,30%
	116,43	150,00	278,49 \pm 2,41	108,04 \pm 2,43	2,30%
Antocianos	4,80	4,79	10,07 \pm 0,18	109,89 \pm 3,59	3,30%
	4,80	9,59	13,70 \pm 0,18	92,71 \pm 1,79	1,90%
	4,80	14,75	20,30 \pm 1,10	101,67 \pm 2,74	2,70%
Taninos	0,12	0,12	0,24 \pm 0,01	88,90 \pm 2,39	2,70%
	0,12	0,25	0,35 \pm 0,01	90,90 \pm 3,05	3,40%
	0,12	0,37	0,48 \pm 0,01	94,70 \pm 3,49	3,70%

Tabla XI.- Ensayo de exactitud de los métodos de análisis de la fracción polifenólica en los mostos

Ensayo	Polifenoles totales	Antocianos totales	Taninos totales
1	116,43	9,59	0,16
2	104,95	9,59	0,15
3	110,53	9,59	0,15
4	105,70	9,94	0,16
5	116,27	9,16	0,16
6	109,65	-	0,16
\bar{x}	110,59	9,58	0,16
DE	4,96	0,28	0,00
C.V.	4,50%	2,90%	1,50%

***Polifenoles totales.** Se procede a aplicar sobre la misma muestra de mosto el análisis de los polifenoles totales por triplicado durante seis días. Los datos se expresan en mg/L de ácido gálico.

***Antocianos totales.** Se ha realizado este método por triplicado durante cinco días diferentes. Los resultados han sido expresados en mg/L de antocianos totales.

***Taninos totales.** Se ha realizado la medida de los taninos totales por triplicado durante cinco días consecutivos. Los valores se expresan en mg/L de catequina.

El ensayo de precisión permite comprobar que la variabilidad de estos métodos es escasa, como se deduce de los coeficientes de variación inferiores al 5%.

d) Ensayo de interferencia

Tabla XII.- Ensayo de interferencia de los azúcares en el método de los polifenoles totales.

Glucosa	DO-765	Fructosa	DO-765
5	0,003	5	0,004
20	0,004	20	0,006
40	0,006	40	0,010
80	0,008	80	0,020
120	0,010	120	0,023

Se puede comprobar que se necesitan cantidades muy elevadas de glucosa y fructosa para que las absorbancias sean ligeramente apreciables, si bien estos valores no son significativos en cuanto a la interferencia en la valoración global de los polifenoles totales, por lo tanto este método es adecuado para esta determinación general.

3.2.9.- PROLINA.

Es el aminoácido presente en mayor cantidad en casi todos los mostos y/o jugos de uva. El fundamento del método seguido (Ough, 1969), consiste en la formación de un derivado coloreado al reaccionar el aminoácido con la ninhidrina en medio ácido, posteriormente se mide a la longitud de onda de máxima absorción, en un espectrofotómetro de ultravioleta-visible (Perkin-

Elmer, mod. 550-SE). La pérdida de color es de aproximadamente un 2% por hora, así que se debe leer antes de ese tiempo.

La reacción en presencia de ninhidrina es característica de los grupos α -amino. En la calefacción de un α -aminoácido con dos equivalentes de ninhidrina se obtiene un producto intensamente coloreado. El formaldehído en exceso se combina fácilmente con los grupos amino libres de los aminoácidos, originando metil derivados. No es una reacción exclusiva de la prolina, sin embargo al ser éste un aminoácido mayoritario en el mosto su cuantificación se ve poco afectada por el resto de los aminoácidos y la reacción se puede considerar en este caso específica para su determinación.

El método consiste en tomar 0,5 mL de muestra de mosto diluida o no y añadirla en un tubo de ensayo con tapón de rosca. En nuestras muestras las diluciones usadas son distintas según el momento de maduración (1:10, 1:20, y 1:25), teniendo en cuenta que el valor de prolina va aumentando progresivamente también lo hace la dilución. Se adicionan 0,25 mL de ácido fórmico (Carlo Erba) y 1 mL de la disolución de ninhidrina (Panreac) al 3% en eter monometil-etilenglicol (o metil Cellosolve, de Merck), obteniendo el conjunto un color amarillo. Se mezcla bien el contenido de los tubos, y se sumergen en un baño de agua hirviendo exactamente durante 15 minutos. Después de este tiempo, los tubos se colocan en otro baño termostatzado a 20°C y se les añade 5 mL de una mezcla de isopropanol:agua (1:1). Se agita el contenido de los tubos y se transfiere directamente a cubetas de cuarzo de 10 mm de paso de óptico, la absorbancia se mide a 517 nm frente a un blanco que se prepara con agua en vez de muestra, siguiendo los mismos pasos.

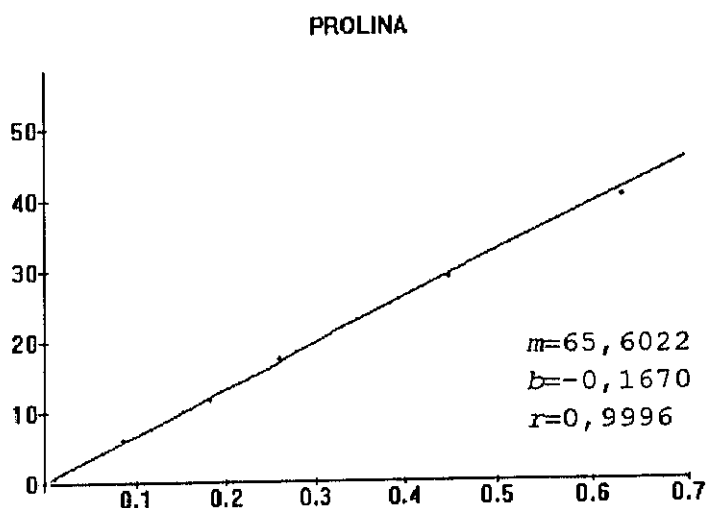
Los ensayos practicados son:

a) Rectas de calibrado

Se preparan patrones de concentraciones crecientes comprendidas entre 0 y 60 ppm, que comprendan un límite menor al inferior y mayor al superior a las concentraciones supuestamente presentes en la muestra. Se obtienen las lecturas en el espectrofotómetro que nos permiten conocer la linealidad del método y el intervalo de concentraciones en el que nos podemos mover para aplicar directamente a las muestras.

La curva de calibrado se hace a partir de soluciones patrón de prolina (Merck). A partir de las absorbancias correspondientes a dichas concentraciones se representa la siguiente curva (Figura IX).

Figura IX.- Curva de calibrado para la prolina en el mosto.



La ecuación de la recta aplicada al análisis de las muestras es:

$$y = 65,6022 \cdot x - 0,1670$$

Prolina $r = 0,9996$

donde y es la concentración de prolina en la muestra de mosto, expresado como mg por 1000 mL de mosto, y x es la absorbancia a esa longitud de onda medida en el espectrofotómetro de ultravioleta-visible.

Esa ecuación se aplica a cada una de las lecturas de las muestras obteniendo un dato de concentración y que se multiplica por el factor de dilución, en caso de haberlo realizado, y se obtiene la concentración de prolina expresada en mg/L de mosto.

b) Ensayo de exactitud

Para conocer la exactitud del método se añaden concentraciones crecientes y conocidas de prolina al mosto midiendo las lecturas tanto de las muestras como de las que están adicionadas.

Las concentraciones de la prolina proceden de la media de un triplicado y vienen expresadas en mg/L de mosto (Tabla XIII).

El porcentaje de recuperación en este método se encuentra dentro de unos límites aceptables, próximos al 100%.

Tabla XIII. - Ensayo de exactitud del método de análisis de la prolina en el mosto.

	C. Inicial	C. Adicionada	C. Final	Recuperación%	
			$\bar{x} \pm DE$	$\bar{x} \pm DE$	C.V.
Prolina	16,20	5,00	21,11 \pm 0,78	98,27 \pm 3,58	3,60%
	16,20	10,00	26,26 \pm 0,54	100,60 \pm 1,93	1,90%
	16,20	15,00	31,67 \pm 0,47	103,10 \pm 3,54	3,40%

Tabla XIV. - Ensayo de precisión para el método de análisis de la prolina.

Ensayo	Prolina
1	14,27
2	15,55
3	16,03
4	15,23
5	15,74
6	14,22
\bar{x}	15,17
DE	0,76
C.V.	5,00%

c) Ensayo de precisión

Se ha realizado un triplicado del análisis de la prolina en el mosto durante seis días consecutivos para conocer la reproductibilidad del método. Los datos medios se expresan en mg/L de mosto, y figuran en la Tabla XIV.

El ensayo de precisión permite comprobar que la variabilidad de estos métodos es escasa, como se deduce de los coeficientes de variación inferiores al 5%.

3.3.- DETERMINACIONES ANALITICAS EN EL HOLLEJO.

En el extracto de los hollejos se realizaron varias determinaciones, y para ello es necesario una previa preparación de la muestra. Después de recoger un número previamente determinado de bayas se pesaron y pelaron, separando los hollejos de la pulpa, a continuación se congelaron inmediatamente a -20°C para posteriores análisis. Los hollejos también se pesaron en fresco para poder expresar los datos en función de los gramos de bayas o de la superficie del hollejo.

3.3.1.- PREPARACION DEL EXTRACTO.

Se parte de un peso de hollejos exactamente conocido y se introducen en un recipiente cerrado con 50 mL de disolvente extractante, metanol acidulado (metanol:ClH). en una determinada proporción (95:5). Se dejan los recipientes con los hollejos en maceración dentro de un arcón congelador a -20°C en atmósfera inerte, y en la oscuridad, durante 24 horas. A continuación se decanta el extracto y se vuelve a realizar la adición del metanol acidulado; éste proceso se repite tantas veces como sea necesario hasta la extracción total del color de los hollejos. Para conseguir la máxima extracción el último residuo de hollejos se trata con la solución extractante durante 4 minutos en el ultrasonido. Finalmente los extractos obtenidos se reúnen y se filtran a través de una placa filtrante A4, con un tamaño de poro de 100 µm, lavándose el residuo final con otros 50 mL de metanol ácido. Todos los extractos que se van obteniendo se conservan en el congelador a la misma temperatura.

En nuestro caso se han realizado de 4 a 6 extracciones según el momento de toma de muestra debido a la mayor o menor cantidad de pigmentos en los hollejos.

En el extracto final se procede a una concentración hasta un volumen un poco menor de 50 mL mediante una evaporación a vacío en rotavapor, en un baño a una temperatura inferior a 35°C. Este concentrado se transvasa a un matraz aforado de 50 mL y se enrasa con el mismo metanol acidulado.

Sobre ese extracto final concentrado es donde se van a realizar todas las demás determinaciones.

3.3.2.- ANTOCIANOS INDIVIDUALES.

Los antocianos individuales se han analizado por HPLC y para la detección se han aprovechado sus propiedades espectrofotométricas utilizando un detector de diodo array. El método seguido en su determinación ha sido descrito por Hebrero y col. (1988).

El análisis de estos compuestos se realiza inmediatamente después de su obtención, es decir, sólo se descongelan los hollejos que se puedan analizar al realizar la extracción.

De ese extracto anterior, se toma una parte alicuota que va a estar en función del momento de toma de la muestra. Ese volumen exactamente medido, se evapora a sequedad, en las mismas condiciones citadas anteriormente, y se adiciona una cantidad conocida de "vino sintético" que es una solución de tartárico 0,5% (p/v), en una disolución etanólica al 10%, ajustando el pH a 3.2 (Glories, 1984). La disolución en esa mezcla acuosa, en vez de alcohólica, favorece una mejor resolución de los picos.

Se pasa por un filtro de 0,45 μm de tamaño de poro y 13 mm de diametro (Millex-HV₁₃, Millipore) y se inyectan 50 μL en el cromatógrafo.

Las condiciones cromatográficas utilizadas han sido:

- Dos bombas que permiten realizar una elución en gradiente (Waters, mod. 510).
- Inyector de loop variable (Waters, mod. 717).
- Precolumna del mismo relleno al de la columna utilizada (Waters, Guard-Pak™ Inserts).
- Columna $\mu\text{Bondapak C18}$ de 300 x 3,9 mm, y de 10 μm de tamaño de partícula de forma irregular (Waters).
- Horno que mantiene la temperatura de trabajo fijada para la columna (Waters).
- Detector fotodiodo array, que permite la utilización simultánea de varias longitudes de onda para identificar y cuantificar (Waters, mod. 996).

El proceso de separación consiste en una elución en gradiente con una fase móvil que está compuesta de una mezcla de dos disolventes, cada uno de los cuales se filtra a través de una placa de 0,45 μm y se desgasifica con helio antes de su utilización. El solvente "A" es una solución al 4,5% de ácido fórmico en agua bidestilada y el solvente "B" es acetonitrilo puro, siendo todos los reactivos de calidad para HPLC. El flujo de la fase móvil es de 1,5 mL/min durante todo el análisis.

El gradiente se inicia con un 10% del solvente "B" que pasará a un 20% en 20 minutos, y a un 25% en 10 minutos más, finalmente vuelve a las condiciones iniciales de 10% de "B" en un tiempo de 5 minutos. Es necesario dejar a la columna un tiempo de estabilización para que se repita la pinchada en las mismas condiciones.

Debido a que la columna se somete a unas condiciones tan extremas de pH (el solvente "A" formado por ácido fórmico al 4,5% supone un pH entre 1,7-1,8), pueden producirse rupturas de las uniones de la fase estacionaria (Si-O), por eso es necesario un lavado muy meticuloso y prolongado al final de cada proceso de trabajo. Ese lavado se realiza con una solución de acetonitrilo al 60% en agua bidestilada.

La columna se mantiene a unos 30°C para proporcionar una mayor estabilidad y que no le afecten las condiciones externas de temperatura.

La identificación de los pigmentos se ha realizado por sus características espectroscópicas (Hebrero y col., 1988), y bibliográficamente en función de las características de polaridad de las moléculas, quedando así condicionada su elución en función de la estructura molecular (Gonzalez-San José y col., 1988), y confirmándolo con unos patrones sintetizados.

En la columna de fase reversa seleccionada, el orden de elución de los cinco pigmentos antocianicos identificados ha sido: Delfinidina, Cianidina, Petunidina, Peonidina y Malvidina. Después de esos cinco monoglucósidos los compuestos son ésteres de los monoglucósidos (Figura X).

Para conocer la pureza de cada pico se realizaron simultáneamente medidas a 520 nm y 313 nm, obteniéndose relaciones constantes, así como los espectros de cada antociano (Figura XI) en varios puntos del pico cromatográfico y comparándolos con los de la bibliografía (Hebrero y col. 1988).

La cuantificación se va a hacer siguiendo el método de calibración por patrón externo y por medida de las áreas de cada pico. Al no disponer de patrones comerciales para todos los pigmentos antocianicos principales de las uvas de *Vitis vinifera*, los resultados cuantitativos de

los cinco antocianos se van a referir al cloruro de malvidina-3-O-glucósido, que es el mayoritario y del que sí se dispone comercialmente, aunque lo ideal sería conocer el factor de respuesta individual para aplicarlo a cada uno de ellos.

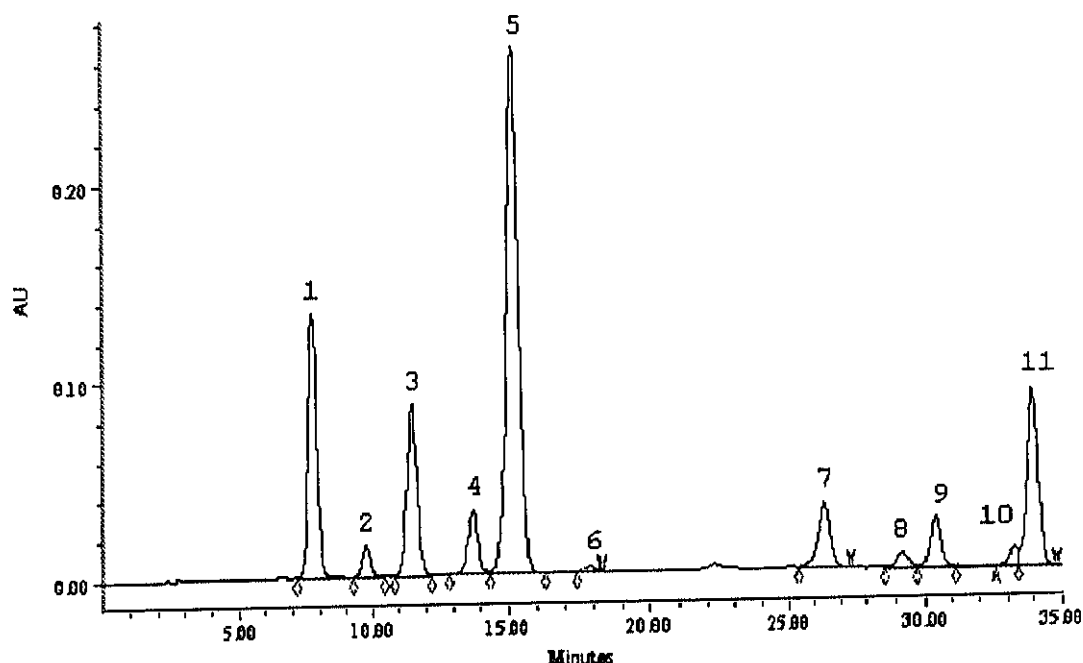


Figura X.- Cromatograma de un extracto de hollejos de bayas de la variedad Tempranillo: 1=delfinidina, 2=cianidina, 3=petunidina, 4=peonidina, 5=malvidina, 6-11=ésteres.

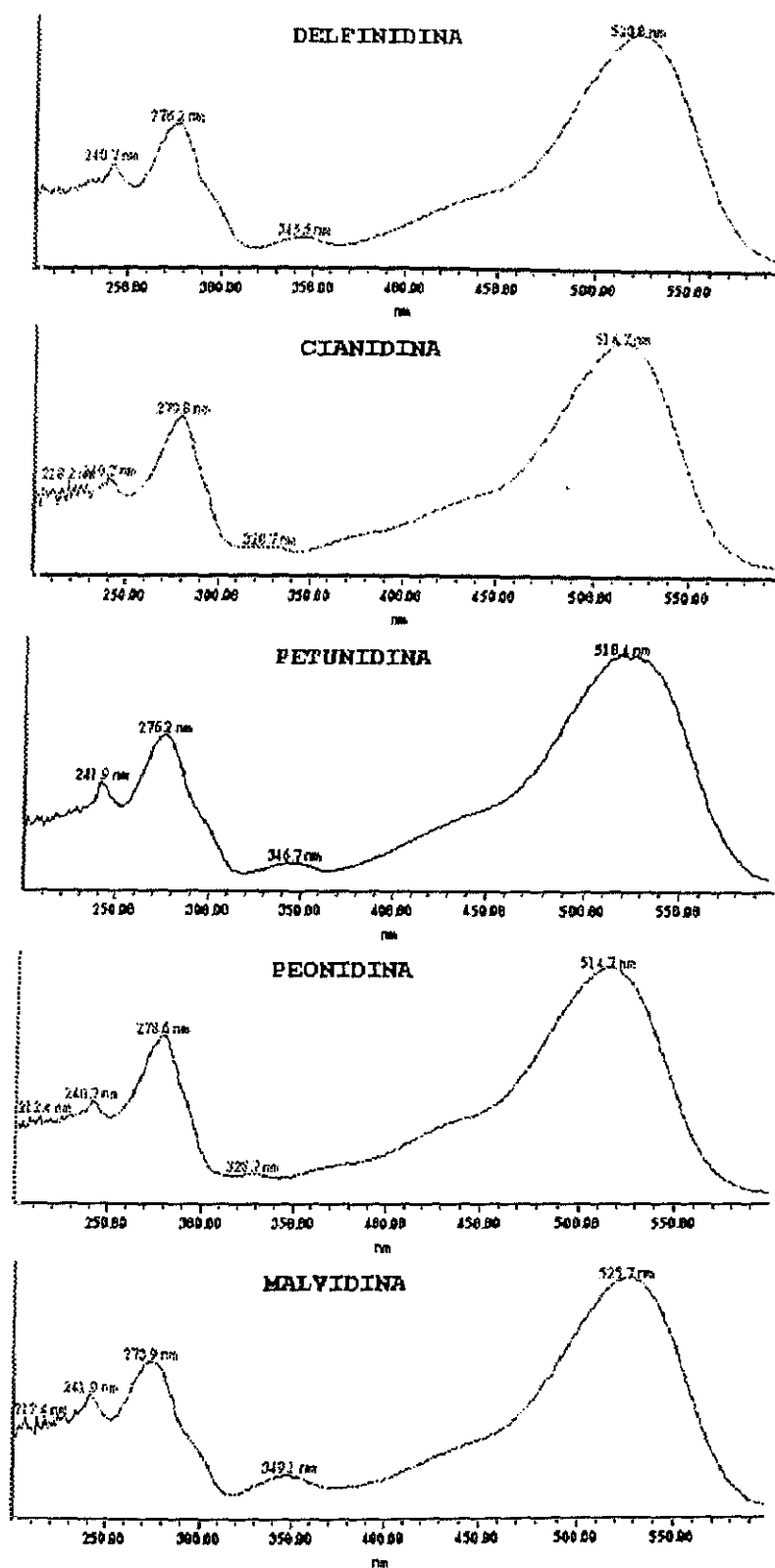
Los ensayos realizados son:

a) Rectas de calibrado

Se preparan soluciones patrón de concentraciones conocidas para conocer la linealidad y el rango de concentraciones en el que se debe trabajar. Se analizan las muestras directamente o bien diluidas.

En nuestro caso la calibración se realiza a partir de un patrón de cloruro de malvidina-3-O-glucósido (Extrasynthese) de 500 mg/L, enrasando con ClH al 0,1% en etanol. A partir de esta solución se prepararon patrones de concentraciones crecientes comprendidas entre 10 y 350 mg/L con el mismo disolvente, utilizando 9 puntos de calibración. Se inyectaron en el cromatógrafo

Figura X1.- Espectros de los cinco antocianos.



obteniéndose unos picos con unas áreas para cada una de las concentraciones cuya representación gráfica viene definida en la Figura XII.

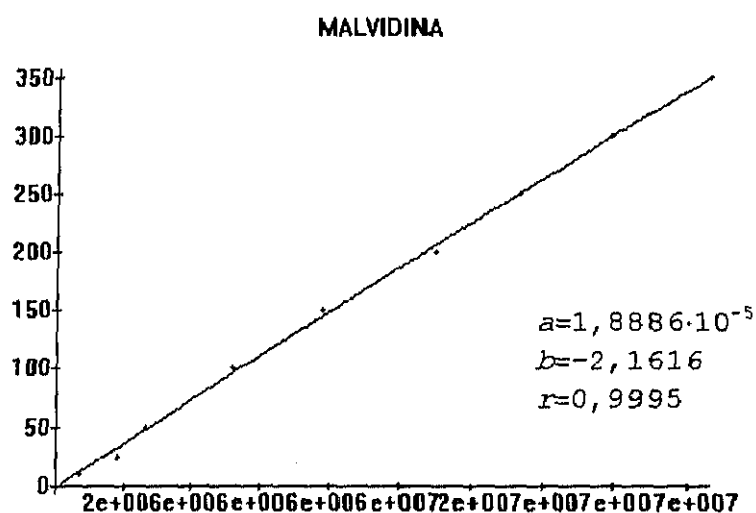
La ecuación de la recta de calibrado es:

$$\begin{aligned} \text{Malvidina } y &= 1,8886 \cdot 10^{-5} x - 2,1616 \\ r &= 0,9995 \end{aligned}$$

donde y es la concentración de los distintos antocianos (en función del cloruro de malvidina-3-O-glucósido) y la x son las áreas halladas por la integración de los distintos picos.

Esa ecuación se aplica a cada una de las lecturas de las muestras, obteniendo un dato de concentración y expresado en mg de cloruro de malvidina-3-O-glucósido por 1000 mL del extracto que se multiplica por el factor de dilución, en caso de haberlo realizado.

Figura XII.- Recta de calibrado para la malvidina



b) Ensayo de exactitud

Para conocer la exactitud del método se añaden cantidades conocidas de malvidina en uno de los extractos y después de aplicar el método se inyecta en el cromatógrafo, conociendo así la

concentración del extracto y del que está adicionado. Los porcentajes de recuperación calculados se recogen en la Tabla XV.

Las concentraciones de la malvidina vienen expresadas en mg/L del extracto y son la media de triplicados. El porcentaje de recuperación en este método se encuentra dentro de unos límites aceptables, próximos al 100%.

Tabla XV.- Ensayo de exactitud del método de análisis de la malvidina en el extracto de los hollejos de las uvas.

	C. Inicial	C. Adicionada	C. Final	Recuperación%	
			$\bar{x} \pm DE$	$\bar{x} \pm DE$	C.V.
Malvidina	66,20	20,09	86,72 \pm 0,32	101,34 \pm 1,83	1.80%
	66,20	40,19	106,51 \pm 0,02	99,91 \pm 1,68	1.70%
	66,20	60,28	130,71 \pm 0,30	107,11 \pm 0,66	0.60%

c) Ensayo de precisión

Se realiza el análisis de la malvidina por triplicado durante cinco días para conocer la variabilidad del método. Esos datos proceden de la media del triplicado y se expresa en mg/L de malvidina en el extracto. Los datos figuran en la Tabla XVI.

Tabla XVI.- Ensayo de precisión para el análisis de malvidina en el hollejo de las uvas.

Ensayo	Malvidina
1	194,45
2	195,06
3	205,64
4	200,66
5	193,77
\bar{x}	197,72
DE	4,74
C.V.	2,40%

El ensayo de precisión permite comprobar que la variabilidad de estos métodos es escasa, como se deduce de los coeficientes de variación inferiores al 5%.

3.3.3.- FRACCION POLIFENOLICA Y CARACTERISTICAS CROMATICAS.

En el hollejo se van a realizar una serie de determinaciones que ya han sido descritas en la parte experimental de esta memoria como son: POLIFENOLES TOTALES (apart. 3.2.8), ANTOCIANOS TOTALES (apart. 3.2.9), y TANINOS TOTALES (apart. 3.2.10). Los métodos seguidos para la determinación son los mismos indicados para el caso de los mostos. En este caso se toma del extracto de hollejo obtenido 1 mL y se diluye hasta 10 mL con agua. Los resultados se van a expresar en todos los casos en mg/100g bayas, por lo que el dato obtenido de aplicar su correspondiente recta de calibrado se multiplica por un factor (50/P) donde P es el peso de las bayas usadas para obtener los hollejos. Sin embargo la expresión para cada determinación es distinta:

-Antocianos totales: Se expresan como mg de cloruro de malvidina-3-O-glucósido por 100 g de bayas.

-Taninos totales: Se expresan como mg de catequina por 100 g de bayas.

-Polifenoles totales: Se expresa como mg de ácido gálico por 100 g de bayas.

Finalmente las medidas de las densidades ópticas a dos longitudes de onda (D_{420} y D_{520}) descritas anteriormente (apart. 3.2.4), proporcionan el valor de la intensidad y la tonalidad colorante. El color rojo procede de los antocianos y el color amarillo-castaño de los taninos. Debido al carácter coloidal de la materia colorante no se puede diluir al realizar dicha determinación, por lo que se debe elegir una cubeta de una longitud de paso óptico adecuada, si bien se debe multiplicar finalmente por un valor que nos indique todas las absorbancias como si se hubiesen leído en cubetas de 10 mm. No existe una correlación directa entre la cantidad de pigmentos y el color, ya que intervienen otros factores físico-químicos como es el pH, el potencial de oxido-reducción etc. Todas las lecturas deben estar interpretadas en función de las condiciones en la que están hechas, y sus medidas dan idea de cómo evolucionan el color rojo y amarillo.

Para proceder a la medida de la densidad óptica a 280 nm (D_{280}) mencionada con anterioridad (apart. 3.2.8), es necesario una dilución 1:100 para que la lectura de la absorbancia pueda estar dentro del orden de 0,5. La medida se hace en cubetas de cuarzo de 10 mm de paso óptico frente al agua destilada, por lo que el valor de esa densidad óptica se multiplica por 100 y nos da un índice que se relaciona estrechamente con el índice de Folín-Ciocalteu.

IV. RESULTADOS

IV. RESULTADOS

1.- RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los datos experimentales obtenidos en este estudio se recogen en su totalidad en 100 Gráficos así como en 138 Tablas agrupadas en el apartado de Resultados.

Los resultados analíticos de cada determinación en cada una de las fechas de la evolución, corresponden al valor medio de un cuadruplicado de la muestra. Las expresiones de los resultados varían según cada uno de los componentes, si bien se utilizaron principalmente las expresiones de la concentración peso/volumen o peso/peso.

1.1.- TABLAS

Se han diseñado de la siguiente manera:

a) En las tablas numeradas desde la Tabla 1 hasta la Tabla 46 se recogen los resultados de los distintos parámetros analizados, tanto en el mosto como en los hollejos, en función del diferente sistema hídrico aplicado durante los años 1990-1993.

b) En las tablas numeradas desde la Tabla 47 hasta la Tabla 92 se incluyen los valores de los distintos parámetros analizados, tanto en el mosto como en los hollejos, en función del sistema de conducción utilizado durante los años 1990-1993.

1.2.- GRAFICOS

Se han representado gráficamente la evolución de los valores de los distintos parámetros estudiados, intercalándose en el texto en el apartado de Discusión de Resultados. Esos gráficos están hechos en función de dos expresiones: g/L que es importante desde el punto de vista enológico, y g/100 bayas que es utilizado en estudios de fisiología de la baya.

2.- TRATAMIENTO ESTADISTICO

El análisis estadístico se ha realizado mediante la utilización del programa MSTAT-C versión 2.0 (Russel y col., 1990) original de la Universidad del estado de Michigan (EE.UU.), además del programa Statgraphics, versión 1.1 para Windows (Manugistics Inc.).

Los resultados estadísticos se obtienen al aplicar el programa a los datos agrupados según los distintos tratamientos estudiados:

a) Análisis de la varianza

Los datos experimentales de todos los parámetros analizados para una misma variedad de uva y para cada tratamiento (secano-regadío, vaso-espaldera), en cada uno de los años de experimentación, se pueden agrupar en función de la variable tiempo, comparando así si existen diferencias significativas para cada uno de esos componentes entre los dos tratamientos enfrentados en cada una de las fechas de muestreo. Tenemos un modelo completamente al azar con grupos de cuatro observaciones para cada fecha y tratamiento, con sus correspondientes datos medios, desviaciones estándar, y otros parámetros estadísticos. Este mismo tipo de análisis se aplicó a los valores de los distintos parámetros entre los mismos tipos de tratamientos cuando el mosto alcanza los 20°Brix y en el momento de la vendimia.

La significación del análisis de la varianza se ha determinado para alcanzar los siguientes niveles de probabilidad: $p \leq 0,05$ (*) y $p \leq 0,01$ (**).

El hecho de que los coeficientes de variación oscilen de unas fechas de muestreo a otras, para un mismo parámetro, indica la heterogeneidad de la muestra, ya que incluso dentro de un mismo racimo las bayas situadas en las distintas posiciones maduran de una manera independiente al resto. Pero aunque el muestreo pueda introducir cierta variabilidad por la propia muestra estudiada, no produce una dispersión de valores elevada que impida discernir entre la variabilidad debida al muestreo y la debida al tiempo de maduración. Según Coombe y Iland (1986) ese desarrollo independiente de las bayas tiene repercusiones en la calidad del mosto final, dependiendo de la cantidad de bayas con cualidades óptimas que son diluidas por aquellas de peor calidad o no totalmente maduras.

El test de Duncan se aplicó a todos los componentes analizados dentro de cada uno de los tratamientos estudiados, contrastando así las variaciones existentes entre cada una de las fechas de muestreo, indicando si realmente esos valores son distintos significativamente a lo largo del tiempo para un componente y un tratamiento, el nivel de significación es de $p \leq 0,05$ (*).

Se aplica también un modelo factorial, cuando se trata de analizar dos factores, año y tratamiento, o fecha y tratamiento, tomando el tratamiento (factor principal), y considerando el

año o la fecha como (factor secundario). En este caso se fija la variable tratamiento para ver cómo afecta el año o la fecha a los datos obtenidos. En el caso del año, sólo se aplica a los valores obtenidos a 20 °Brix y en el momento de la vendimia; mientras que el de la fecha se aplica a todos los parámetros.

b) Análisis de regresión

Para estudiar la relación de las variables se han utilizado términos de regresión lineal. Además del modelo lineal simple ($y = ax + b$) se han empleado modelos linealizables ($y = a \ln x + b$, $\ln y = ax + b$), estimando por mínimos cuadrados los parámetros del modelo (a y b), y calculando los coeficientes de correlación lineal (r) como medida de ajuste. Se ha contrastado la posibilidad de que los parámetros sean nulos calculándose igualmente el correspondiente análisis de la varianza de la regresión. Por último se muestran también los gráficos de los ajustes obtenidos, en los que se incluyen los datos experimentales de partida y los intervalos de confianza correspondientes.

La representación gráfica de los ajustes se encuentra en el apartado de la Discusión de Resultados.

Tabla 2.- Evolución del °Brix del mosto procedente de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
102	5,53±0,29 f	4,35±0,13 g	83	6,00±0,27 ef	5,00±0,27 ef	92	5,42±0,38 g	4,04±0,22 f
107	5,94±0,12 f	5,68±0,14 f	93	5,35±0,48 f	4,47±0,18 f	102	4,85±0,15 g	4,02±0,30 f
120	7,00±0,23 e	8,95±1,09 e	102	5,55±0,39 f	4,62±0,12 f	111	7,67±0,64 f	7,17±0,55 e
128	11,75±0,94 d	14,18±0,86 d	111	6,38±0,25 e	5,82±0,17 e	123	16,20±0,24 e	15,54±1,32 d
141	16,10±0,26 c	18,08±1,23 c	122	14,29±0,94 d	12,72±1,25 d	130	18,49±0,46 d	17,08±0,78 c
152	17,58±0,46 b	21,23±0,25 b	130	17,31±0,29 c	15,58±1,55 c	137	19,17±0,43 d	18,00±0,83 c
159	19,38±0,78 a	22,14±0,89 ab	139	19,15±0,86 b	20,05±0,68 b	144	20,56±0,43 c	20,08±1,34 b
165	19,46±0,82 a	22,36±0,22 a	150	20,18±0,51 a	21,58±0,68 a	151	21,88±0,56 b	21,31±0,66 ab
						158	23,14±0,85 a	22,49±1,06 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 1.- Evolución del peso (g/100 bayas) de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
102	48,28±1,89 f	50,48±2,64 g	83	42,04±5,07 c	54,00±8,29 c	92	36,17±3,29 c	52,85±2,77 c
107	54,03±4,60 ef	65,80±3,58 f	93	47,80±4,98 c	70,38±9,40 d	102	39,93±2,39 c	56,20±2,17 c
120	59,43±3,94 e	84,03±6,22 c	102	46,76±3,88 c	63,30±4,65 de	111	42,29±3,25 c	67,82±5,77 d
128	76,13±7,76 d	103,20±4,39 d	111	44,43±6,45 c	62,67±8,16 de	123	73,68±6,39 b	118,52±13,90 c
141	103,31±7,81 c	140,04±7,58 c	122	75,42±12,70 b	101,47±9,16 c	130	97,80±2,73 a	138,14±6,29 b
152	120,39±9,38 b	162,38±3,76 b	130	83,20±13,81 b	116,93±14,55 b	137	104,24±7,06 a	137,92±3,41 b
159	126,94±9,80 ab	164,62±7,27 b	139	101,00±5,34 a	145,78±5,67 a	144	101,17±3,82 a	140,93±7,80 b
165	133,50±9,48 a	180,44±11,08 a	150	113,25±14,01 a	153,28±11,01 a	151	104,00±7,15 a	158,26±3,37 a
						158	103,92±3,23 a	159,18±6,31 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 3.- Evolución de la glucosa (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	4,54±0,05 d	3,88±0,37 f	83	3,75±0,12 e	2,99±0,51 f	92	7,36±0,48 h	5,68±0,40 f
120	14,10±1,42 d	24,77±4,78 e	93	3,05±0,49 e	3,20±0,35 f	102	10,41±0,91 h	7,61±0,17 f
128	42,74±4,04 c	57,24±6,97 d	102	6,58±1,23 de	5,12±0,63 ef	111	23,99±3,81 g	24,57±2,61 e
141	72,88±3,43 b	77,21±10,32 c	111	12,02±0,67 d	11,41±3,85 e	123	76,47±0,65 f	72,32±8,86 d
152	79,01±4,51 b	99,08±2,08 b	122	59,31±5,54 c	53,16±6,44 d	130	87,22±1,28 e	79,53±6,48 d
159	87,67±5,43 a	97,21±11,03 b	130	74,78±7,61 b	65,26±6,15 c	137	91,12±2,88 d	87,91±5,65 c
165	91,15±6,52 a	110,60±6,01 a	139	91,11±4,69 a	99,78±7,55 b	144	102,79±3,07 c	99,17±6,54 b
			150	94,84±3,83 a	109,86±4,08 a	151	111,52±2,55 b	108,88±4,91 a
						158	115,62±3,39 a	112,07±7,32 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 4.- Evolución de la fructosa (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	1,10±0,11 f	0,52±0,21 f	83	2,14±0,51 e	1,01±0,17 f	92	3,17±0,21 h	1,75±0,12 g
120	8,97±1,35 e	19,31±4,32 e	93	1,33±0,53 e	1,05±0,55 f	102	6,28±0,82 h	2,97±0,11 g
128	40,61±4,58 d	55,39±6,93 d	102	4,26±1,09 de	1,88±0,06 f	111	21,09±3,80 g	20,75±2,77 f
141	73,06±3,80 c	76,40±10,30 c	111	10,12±0,96 d	8,60±2,65 e	123	76,58±0,57 f	71,77±9,01 e
152	79,82±4,22 b	99,58±2,18 b	122	47,45±4,48 c	55,24±5,63 d	130	88,69±1,37 e	79,92±6,37 d
159	88,58±6,20 a	97,53±11,68 b	130	80,47±8,43 b	69,98±7,21 c	137	92,52±3,09 d	89,43±5,64 c
165	93,61±6,82 a	112,71±6,21 a	139	98,48±4,76 a	110,80±4,29 b	144	104,53±3,36 c	100,76±7,19 b
			150	104,13±4,44 a	119,90±3,43 a	151	114,02±2,52 b	111,30±4,62 a
						158	118,49±3,53 a	115,53±6,77 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 5.- Evolución de la relación glucosa/fructosa en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	4,15±0,40 a	8,39±3,06 a	83	1,82±0,35 b	2,96±0,29 a	92	2,33±0,14 a	3,25±0,18 a
120	1,58±0,08 b	1,29±0,05 b	93	2,65±1,34 a	3,50±1,41 a	102	1,66±0,10 b	2,57±0,11 b
128	1,05±0,03 c	1,04±0,01 b	102	1,57±0,12 bc	2,73±0,40 a	111	1,14±0,03 c	1,19±0,04 c
141	0,99±0,01 c	1,01±0,00 b	111	1,19±0,07 bc	1,32±0,18 b	123	0,99±0,00 d	1,01±0,01 d
152	0,99±0,01 c	0,99±0,01 b	122	1,25±0,06 bc	0,96±0,02 b	130	0,98±0,00 d	0,99±0,01 d
159	0,99±0,01 c	0,99±0,01 b	130	0,93±0,01 c	0,94±0,04 b	137	0,98±0,01 d	0,98±0,01 d
165	0,97±0,00 c	0,99±0,00 b	139	0,92±0,00 c	0,90±0,01 b	144	0,98±0,00 d	0,98±0,01 d
			150	0,91±0,00 c	0,92±0,01 b	151	0,98±0,00 d	0,98±0,01 d
						158	0,98±0,00 d	0,97±0,01 d

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 6.- Evolución del pH en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
102	2,84±0,05 e	2,86±0,05 de	83	2,74±0,05 d	2,63±0,06 d	92	2,61±0,01 e	2,50±0,04 e
107	2,84±0,02 e	2,77±0,15 ef	93	2,59±0,11 e	2,51±0,12 e	102	2,60±0,03 e	2,53±0,05 e
120	2,71±0,05 f	2,70±0,06 f	102	2,68±0,03 de	2,58±0,04 de	111	2,67±0,03 e	2,57±0,01 e
128	2,95±0,06 d	2,91±0,08 d	111	2,78±0,09 d	2,75±0,12 c	123	3,02±0,01 d	2,87±0,05 d
141	3,19±0,15 c	3,13±0,09 c	122	3,00±0,05 c	2,79±0,03 c	130	3,26±0,04 c	3,05±0,02 c
152	3,34±0,07 b	3,33±0,07 b	130	3,26±0,13 b	3,04±0,04 b	137	3,29±0,01 c	3,08±0,05 c
159	3,41±0,07 b	3,36±0,07 b	139	3,55±0,13 a	3,42±0,09 a	144	3,46±0,10 b	3,24±0,14 b
165	3,61±0,04 a	3,59±0,08 a	150	3,28±0,10 b	3,10±0,05 b	151	3,60±0,05 a	3,35±0,03 a
						158	3,64±0,04 a	3,42±0,07 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 7.- Evolución de la acidez total (g/L de ácido tartárico) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
102	34,40±0,73 b	28,28±0,99 c	83	28,90±1,29 c	27,93±2,97 b	92	46,96±6,57 b	43,58±6,46 b
107	40,78±0,35 a	36,75±2,23 a	93	37,67±4,07 a	34,68±0,88 a	102	54,24±5,75 a	55,96±5,99 a
120	35,20±1,70 b	33,08±1,86 b	102	35,38±1,56 ab	34,67±0,46 a	111	31,22±2,37 c	33,19±1,61 c
128	21,40±1,76 c	19,90±1,98 d	111	32,68±2,06 b	33,77±0,46 a	123	12,29±0,17 d	14,50±1,69 d
141	8,50±0,87 d	10,50±0,01 e	122	13,65±1,58 d	15,87±0,85 c	130	7,81±0,47 e	11,13±1,18 de
152	5,70±0,32 e	6,34±0,14 f	130	8,38±0,62 e	9,93±0,76 d	137	5,76±0,06 e	8,13±0,48 ef
159	5,44±0,31 e	5,70±0,39 f	139	6,03±0,51 ef	6,63±0,06 e	144	4,47±0,46 e	7,02±0,59 ef
165	4,28±0,19 e	4,84±0,33 f	150	4,78±0,32 f	5,30±0,01 e	151	4,44±0,12 e	6,54±0,23 f
						158	3,91±0,11 e	5,45±0,38 f

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 8.- Evolución del ácido tartárico (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	19,21±0,55 a	16,22±1,73 a	83	20,34±1,06 a	16,92±2,76 a	92	14,97±1,92 a	13,41±0,63 a
120	17,71±0,66 b	14,05±0,40 b	93	16,84±1,07 b	16,49±1,37 a	102	15,51±0,42 a	13,36±0,61 a
128	12,87±0,91 c	9,70±0,73 c	102	15,70±1,44 bc	13,99±0,74 b	111	14,58±0,96 a	11,48±0,31 b
141	8,48±0,90 d	7,27±0,24 d	111	14,70±1,52 c	13,62±0,79 b	123	7,98±0,89 b	7,55±0,19 c
152	7,48±0,71 e	6,48±0,10 de	122	8,79±0,52 d	8,69±0,10 c	130	6,90±0,34 b	6,56±0,39 d
159	6,98±0,42 e	5,80±0,52 e	130	6,99±0,62 e	6,73±0,25 d	137	5,59±0,20 c	5,43±0,14 e
165	6,69±0,51 e	5,97±0,13 e	139	6,30±0,44 e	5,36±0,14 de	144	5,33±0,16 c	5,32±0,20 e
			150	4,85±0,48 f	4,03±1,08 e	151	4,89±0,32 c	4,17±1,35 f
						158	4,84±0,24 c	4,92±0,09 cf

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 9.- Evolución del ácido málico (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	21,44±0,27 a	21,38±0,89 a	83	40,30±3,36 a	27,53±7,74 a	92	15,01±1,31 a	15,53±0,49 c
120	18,17±0,72 b	18,39±0,77 b	93	24,28±0,29 b	26,19±5,24 a	102	14,98±1,23 a	18,68±1,10 a
128	10,56±1,05 c	12,11±1,22 c	102	26,19±2,94 b	22,76±2,59 a	111	12,93±1,35 b	17,32±0,74 b
141	3,51±0,25 d	5,67±0,35 d	111	25,06±2,95 b	24,48±1,34 a	123	4,04±0,47 c	7,06±1,06 d
152	2,27±0,10 e	3,90±0,33 e	122	7,39±1,05 c	9,39±0,90 b	130	2,36±0,28 d	5,02±0,69 e
159	2,04±0,09 e	3,22±0,36 ef	130	3,29±0,65 d	5,01±0,78 bc	137	1,73±0,21 de	3,51±0,25 f
165	1,75±0,15 e	2,82±0,35 f	139	2,33±0,66 d	3,01±0,14 c	144	1,49±0,22 de	3,06±0,47 fg
			150	1,66±0,24 d	1,84±0,21 c	151	1,28±0,11 de	2,72±0,12 fg
						158	1,16±0,17 e	2,14±0,17 g

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 10.- Evolución del ácido cítrico (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	0,54±0,01 b	0,55±0,03 a	93	0,31±0,02 b	0,30±0,02 b	92	0,34±0,02 b	0,29±0,01 b
120	0,64±0,03 a	0,57±0,02 a	102	0,41±0,02 a	0,38±0,01 a	102	0,48±0,03 a	0,48±0,04 a
128	0,42±0,04 c	0,37±0,02 b	111	0,38±0,02 a	0,41±0,01 a	111	0,46±0,07 a	0,47±0,02 a
141	0,25±0,03 d	0,26±0,01 c	122	0,22±0,03 c	0,22±0,01 c	123	0,20±0,01 c	0,21±0,03 c
152	0,18±0,01 e	0,23±0,03 c	130	0,21±0,02 cd	0,19±0,01 c	130	0,15±0,03 cd	0,18±0,02 cd
159	0,19±0,02 e	0,26±0,04 c	139	0,20±0,01 cd	0,21±0,01 c	137	0,13±0,01 d	0,16±0,01 d
165	0,16±0,03 e	0,23±0,04 c	150	0,17±0,02 d	0,19±0,01 c	144	0,13±0,01 d	0,16±0,02 d
						151	0,12±0,00 d	0,15±0,02 d
						158	0,13±0,00 d	0,15±0,00 d

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 11.- Evolución de la relación tartárico/málico en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	0,89±0,03 d	0,76±0,06 d	83	0,51±0,02 d	0,63±0,08 d	92	0,99±0,07 e	0,86±0,04 ef
120	0,98±0,05 d	0,76±0,04 d	93	0,70±0,04 cd	0,64±0,09 d	102	1,04±0,07 e	0,72±0,02 f
128	1,22±0,11 d	0,80±0,04 d	102	0,60±0,03 cd	0,62±0,11 d	111	1,13±0,08 e	0,66±0,04 f
141	2,43±0,39 c	1,29±0,11 c	111	0,59±0,09 cd	0,56±0,04 d	123	2,01±0,39 d	1,09±0,15 de
152	3,31±0,42 b	1,67±0,12 b	122	1,21±0,22 c	0,93±0,10 d	130	2,96±0,42 c	1,32±0,17 cd
159	3,44±0,34 ab	1,82±0,28 b	130	2,17±0,36 b	1,36±0,19 c	137	3,27±0,50 bc	1,55±0,07 bc
165	3,84±0,40 a	2,14±0,21 a	139	2,92±1,12 a	1,78±0,08 b	144	3,64±0,59 ab	1,77±0,24 b
			150	3,04±0,41 a	2,22±0,71 a	151	3,84±0,50 ab	1,53±0,49 bc
						158	4,23±0,66 a	2,31±0,16 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 12.- Evolución de la relación tartárico/acidez en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	0,46±0,01 f	0,42±0,02 d	83	0,34±0,01 e	0,38±0,03 d	92	0,49±0,02 d	0,46±0,01 e
120	0,48±0,01 e	0,43±0,01 d	93	0,41±0,01 d	0,39±0,03 d	102	0,50±0,02 d	0,41±0,01 f
128	0,54±0,02 d	0,44±0,01 d	102	0,37±0,01 de	0,38±0,04 d	111	0,52±0,02 d	0,39±0,01 f
141	0,69±0,03 c	0,55±0,02 c	111	0,37±0,03 de	0,35±0,02 d	123	0,65±0,05 c	0,51±0,04 d
152	0,75±0,02 b	0,61±0,02 b	122	0,54±0,04 c	0,48±0,03 c	130	0,73±0,03 b	0,56±0,03 c
159	0,76±0,02 b	0,62±0,03 b	130	0,67±0,03 b	0,57±0,03 b	137	0,75±0,03 ab	0,60±0,01 bc
165	0,78±0,02 a	0,66±0,02 a	139	0,72±0,07 a	0,63±0,02 ab	144	0,77±0,03 ab	0,62±0,03 b
			150	0,73±0,03 a	0,66±0,08 a	151	0,78±0,02 ab	0,58±0,10 c
						158	0,79±0,02 a	0,68±0,01 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 13 - Evolución de la relación °Brix/acidez total en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
102	0,16±0,01 f	0,15±0,00 f	83	0,21±0,01 e	0,17±0,00 e	92	0,12±0,03 f	0,09±0,01 g
107	0,15±0,00 f	0,15±0,01 f	93	0,14±0,01 e	0,13±0,00 e	102	0,09±0,01 f	0,07±0,00 g
120	0,20±0,01 f	0,27±0,04 f	102	0,16±0,01 e	0,13±0,00 e	111	0,25±0,03 f	0,22±0,02 g
128	0,55±0,08 e	0,72±0,11 e	111	0,20±0,02 e	0,17±0,01 e	123	1,32±0,02 e	1,09±0,20 f
141	1,91±0,19 f	1,72±0,12 d	122	1,06±0,14 d	0,80±0,07 d	130	2,38±0,18 d	1,55±0,22 e
152	3,09±0,15 c	3,35±0,05 c	130	2,08±0,18 c	1,58±0,25 c	137	3,33±0,09 c	2,22±0,21 d
159	3,58±0,30 b	3,90±0,33 b	139	3,20±0,37 b	3,02±0,09 b	144	4,65±0,54 b	2,89±0,42 c
165	4,55±0,14 a	4,63±0,27 a	150	4,25±0,38 a	4,07±0,13 a	151	4,94±0,21 b	3,26±0,12 b
						158	5,92±0,15 a	4,15±0,42 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 14.- Evolución de la relación azúcares/acidez en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	0,14±0,00 f	0,12±0,02 f	83	0,08±0,01 e	0,09±0,01 e	92	0,36±0,04 g	0,26±0,01 d
120	0,63±0,03 f	1,34±0,30 f	93	0,11±0,02 e	0,10±0,00 e	102	0,55±0,08 g	0,33±0,01 d
128	3,52±0,52 e	5,11±0,72 e	102	0,26±0,05 e	0,19±0,01 e	111	1,62±0,25 g	1,56±0,19 d
141	11,93±0,39 d	11,62±1,38 d	111	0,56±0,08 e	0,52±0,16 e	123	12,56±0,68 f	9,82±1,83 c
152	16,09±1,75 c	18,75±0,79 c	122	6,52±0,55 d	5,92±0,56 d	130	18,72±1,09 e	13,69±2,17 c
159	19,14±0,84 b	21,07±2,68 b	130	15,07±3,22 c	11,40±1,67 c	137	24,65±0,89 d	19,51±1,58 b
165	21,55±1,84 a	24,81±2,12 b	139	20,91±2,57 b	24,40±1,00 b	144	29,88±1,33 c	23,60±3,16 b
			150	30,12±2,12 a	38,55±5,93 a	151	35,89±2,26 b	32,25±6,59 a
						158	38,26±2,22 a	31,61±2,83 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 15.- Evolución del potasio (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	1,35±0,26 cd	0,98±0,15 d	83	1,28±0,10 bc	1,05±0,08 cd	92	1,17±0,08 d	1,23±0,19 e
120	1,80±0,56 bc	1,53±0,13 bc	93	1,26±0,13 bc	0,88±0,12 de	102	1,16±0,11 d	1,15±0,14 e
128	1,20±0,24 d	1,35±0,29 cd	102	1,30±0,12 bc	0,80±0,05 e	111	1,49±0,10 bc	1,29±0,13 cde
141	1,43±0,57 cd	1,50±0,24 bc	111	1,04±0,22 c	0,73±0,08 e	123	1,39±0,06 c	1,25±0,04 de
152	1,70±0,24 bcd	1,73±0,13 abc	122	1,48±0,17 ab	1,03±0,15 cd	130	1,44±0,07 c	1,50±0,09 b
159	2,08±0,39 b	2,00±0,55 ab	130	1,49±0,14 ab	1,18±0,03 bc	137	1,41±0,05 c	1,43±0,12 bcd
165	2,95±0,21 a	2,05±0,60 a	139	1,61±0,14 a	1,30±0,10 ab	144	1,49±0,10 bc	1,45±0,00 bc
			150	1,36±0,35 ab	1,37±0,35 a	151	1,58±0,08 ab	1,75±0,19 a
						158	1,70±0,09 a	1,77±0,11 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 16.- Evolución del calcio (mg/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	126,25±4,79 a	101,00±8,25 a	83	133,50±32,31 a	185,33±14,05 a	92	244,10±12,02 a	150,40±30,96 a
120	112,67±11,37 ab	97,50±9,00 a	93	138,00±8,72 a	110,00±1,03 b	102	208,68±9,18 b	142,90±13,23 a
128	106,00±17,20 b	97,00±9,87 a	102	133,25±19,52 a	108,00±7,21 b	111	265,47±36,08 a	112,50±27,80 b
141	59,33±2,31 c	57,00±7,39 b	111	126,75±7,63 a	110,00±13,86 b	123	119,50±22,28 c	65,10±7,20 c
152	40,50±1,91 d	47,00±6,00 bc	122	83,00±9,02 b	66,67±7,02 cd	130	95,10±9,72 d	66,50±12,60 c
159	53,00±10,39 cd	50,50±8,54 bc	130	78,00±11,43 b	71,33±6,11 c	137	82,60±13,03 de	53,90±8,19 c
165	38,50±11,12 d	40,50±4,12 c	139	66,50±7,72 bc	54,00±2,00 de	144	63,45±9,44 e	50,60±5,65 c
			150	52,50±1,91 c	45,33±11,37 e	151	80,25±3,24 de	55,50±16,97 c
						158	83,40±6,18 de	50,90±8,81 c

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 17.- Evolución del magnesio (mg/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	92,50±2,89 a	80,00±3,27 abc	83	134,25±17,56 a	88,00±6,93 a	102	79,75±13,48 b	74,25±8,88 bcd
120	76,25±11,90 bcd	71,00±3,83 bc	93	113,00±34,93 ab	55,33±3,06 c	111	101,00±5,29 a	64,00±6,98 d
128	77,50±12,37 bcd	69,50±6,61 c	102	89,00±17,40 c	58,00±2,00 c	123	68,50±5,45 bc	66,75±3,50 cd
141	70,67±2,31 cd	83,50±19,89 a	111	82,75±7,27 c	54,67±3,06 c	130	78,50±6,86 b	77,75±9,32 bc
152	68,75±3,23 d	83,25±2,75 ab	122	69,50±4,73 c	61,00±7,94 c	137	67,25±2,75 bc	66,50±5,45 cd
159	81,25±7,50 bc	86,25±2,50 a	130	83,00±9,31 c	56,67±4,62 c	144	62,50±16,01 c	81,75±3,10 ab
165	82,00±2,78 ab	86,63±2,87 a	139	92,50±6,61 bc	69,33±7,02 b	151	73,50±4,43 bc	72,00±4,24 bcd
			150	77,00±2,58 c	71,33±4,16 b	158	74,50±2,65 bc	76,50±5,00 bc

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 18.- Evolución del sodio (mg/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	26,50±12,92 a	21,75±4,19 a	83	12,00±7,12 bc	5,50±2,52 bc	92	9,33±5,51 bcd	13,00±3,56 a
120	6,25±2,22 bc	4,50±1,29 d	93	21,50±3,79 a	22,67±9,45 a	102	9,75±3,86 bc	6,18±3,05 bcd
128	5,50±1,73 c	8,50±2,12 c	102	14,00±4,90 bc	8,67±2,08 bc	111	13,50±1,73 ab	6,00±0,82 bcd
141	6,33±2,08 bc	5,25±1,50 cd	111	16,75±3,30 ab	6,00±1,73 bc	123	9,98±5,67 bc	5,25±2,63 d
152	14,33±4,73 b	16,75±4,11 b	122	12,75±2,22 bc	8,00±3,00 bc	130	8,50±1,91 cd	6,25±1,71 bcd
159	5,25±0,50 c	4,00±0,00 d	130	11,00±4,83 bc	11,00±2,65 bc	137	6,50±0,58 cd	5,28±3,03 d
165	3,50±0,58 c	4,50±0,58 d	139	16,00±1,63 abc	11,33±1,53 b	144	4,75±0,96 d	5,50±0,58 cd
			150	9,75±4,11 c	5,33±3,21 c	151	7,70±3,60 cd	8,83±0,77 b
						158	16,08±1,99 a	8,68±1,23 bc

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 19.- Evolución de la prolina (mg/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
107	10,10±2,36 e	5,54±0,52 e	83	6,90±0,25 d	5,91±1,17 e	92	6,75±0,44 f	5,70±0,41 g
120	9,54±4,80 e	26,89±9,16 de	93	6,48±0,30 d	5,33±0,44 e	102	7,71±1,83 f	6,15±0,95 g
128	57,31±16,10 de	69,48±15,30 d	102	5,59±0,81 d	3,35±0,37 e	111	20,98±4,97 f	11,77±3,35 g
141	105,99±26,69 cd	165,01±22,10 c	111	4,26±1,58 d	3,92±0,30 e	123	121,81±13,37 e	67,35±14,95 f
152	150,10±25,07 bc	269,37±41,23 b	122	81,04±19,78 c	37,90±15,23 d	130	196,35±43,39 d	109,94±7,46 e
159	191,43±61,07 ab	298,68±52,79 ab	130	131,89±20,37 b	68,26±21,11 c	137	294,62±20,58 c	157,41±10,72 d
165	219,20±44,26 a	356,49±88,42 a	139	241,63±54,53 a	162,91±34,79 b	144	318,35±38,16 c	185,40±31,18 c
			150	254,94±58,56 a	196,38±17,94 a	151	414,13±53,12 b	251,52±19,30 b
						158	536,75±67,19 a	368,66±22,27 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 20.- Evolución de la densidad óptica a 520 nm en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
120	0,33±0,05 c	0,11±0,03 c	102	0,05±0,01 b	0,06±0,01 c	102	0,30±0,21 c	0,20±0,03 c
128	0,35±0,48 c	0,38±0,23 b	111	0,06±0,01 b	0,07±0,03 c	111	0,27±0,23 c	0,15±0,02 c
141	1,15±0,19 a	0,72±0,19 a	122	0,87±0,20 a	0,42±0,14 b	123	1,08±0,05 a	0,74±0,23 ab
152	0,76±0,11 b	0,71±0,10 a	130	0,95±0,16 a	0,73±0,39 a	130	1,08±0,19 a	0,85±0,15 a
159	0,94±0,03 ab	0,74±0,09 a	139	0,97±0,07 a	0,82±0,12 a	137	1,18±0,11 a	0,89±0,05 a
165	1,10±0,16 ab	0,72±0,10 a	150	1,05±0,13 a	0,95±0,04 a	144	0,86±0,08 b	0,63±0,07 b
						151	1,06±0,08 ab	0,89±0,11 a
						158	1,01±0,10 ab	0,90±0,16 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 21.- Evolución de la densidad óptica a 420 nm en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
120	0,51±0,03 c	0,26±0,04 b	102	0,15±0,05 b	0,23±0,05 b	102	0,67±0,28 d	0,53±0,09 c
128	0,83±1,03 c	0,88±0,45 a	111	0,18±0,02 b	0,23±0,06 b	111	0,55±0,23 d	0,38±0,08 c
141	2,49±0,34 a	1,21±0,33 a	122	1,44±0,46 a	0,66±0,22 b	123	1,82±0,09 ab	1,19±0,40 b
152	1,67±0,22 b	1,05±0,28 a	130	1,60±0,31 a	1,29±0,87 a	130	1,81±0,30 b	1,26±0,29 b
159	1,96±0,07 ab	1,10±0,30 a	139	1,71±0,13 a	1,44±0,18 a	137	2,10±0,15 a	1,63±0,22 a
165	2,16±0,33 ab	1,19±0,34 a	150	1,83±0,18 a	1,84±0,13 a	144	1,39±0,13 c	1,01±0,17 b
						151	1,75±0,13 b	1,21±0,06 b
						158	1,57±0,17 bc	1,26±0,20 b

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 22.- Evolución de la intensidad colorante ($D_{520}+D_{420}$) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
120	0,85±0,08 c	0,36±0,06 b	102	0,20±0,06 c	0,29±0,06 b	102	0,97±0,49 d	0,73±0,12 d
128	1,19±1,51 c	1,26±0,68 a	111	0,24±0,03 c	0,31±0,09 b	111	0,82±0,44 d	0,53±0,10 d
141	3,64±0,53 a	1,928±0,51 a	122	2,31±0,66 b	1,08±0,36 b	123	2,90±0,13 ab	1,93±0,63 bc
152	2,43±0,34 b	1,76±0,37 a	130	2,55±0,47 ab	2,02±1,26 a	130	2,89±0,49 ab	2,12±0,40 ab
159	2,90±0,10 ab	1,84±0,39 a	139	2,67±0,19 ab	2,26±0,30 a	137	3,27±0,27 a	2,52±0,24 a
165	3,27±0,49 ab	1,91±0,43 a	150	2,88±0,31 a	2,79±0,17 a	144	2,25±0,21 c	1,64±0,20 c
						151	2,80±0,15 ab	2,09±0,15 ab
						158	2,58±0,22 bc	2,17±0,33 ab

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 23.- Evolución de la tonalidad colorante (D_{420}/D_{520}) del mosto de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
120	1,55±0,14 c	2,50±0,52 a	102	3,20±0,68 a	3,72±0,32 a	102	2,46±0,56 a	2,70±0,08 a
128	2,75±0,74 a	2,65±0,80 a	111	3,19±0,30 a	3,36±0,55 a	111	2,52±0,81 a	2,53±0,24 a
141	2,17±0,07 b	1,69±0,11 b	122	1,64±0,20 b	1,58±0,15 b	123	1,69±0,04 b	1,60±0,13 bc
152	2,21±0,04 b	1,48±0,23 b	130	1,67±0,06 b	1,68±0,23 b	130	1,68±0,02 b	1,49±0,28 c
159	2,09±0,06 b	1,48±0,27 b	139	1,77±0,07 b	1,76±0,05 b	137	1,73±0,05 b	1,83±0,22 b
165	1,96±0,04 bc	1,62±0,25 b	150	1,74±0,07 b	1,94±0,07 b	144	1,61±0,09 b	1,62±0,28 bc
						151	1,66±0,16 b	1,38±0,16 c
						158	1,55±0,19 b	1,41±0,17 c

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 24.- Evolución de los polifenoles totales (expresado en mg/L de ácido gálico) del mosto de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
120	1334,83±436,69 a	1600,85±288,24 a	83	6599,65±1034,9 a	6148,57±1613,8 a	102	2266,33±127,69 b	2080,68±327,83 a
128	948,38±281,28 b	781,64±168,02 b	93	2082,43±576,83 b	1722,17±315,81 b	111	3723,25±571,98 a	1716,30±279,12 b
141	357,53±32,27 c	529,05±108,36 c	102	1782,30±446,15 b	1419,40±76,17 bc	123	976,00±186,15 c	764,28±161,64 c
152	372,80±53,24 c	497,60±57,46 c	111	1658,58±472,71 bc	1290,70±132,10 bcd	130	717,12±28,89 d	665,28±203,16 cd
159	350,93±92,54 c	451,63±36,05 c	122	1038,90±51,52 cd	947,10±106,10 bcde	137	552,53±65,74 de	446,63±108,90 cd
165	401,25±99,48 c	313,68±50,84 c	130	427,85±109,62 d	635,20±279,24 cde	144	547,93±79,54 de	337,63±62,21 d
			139	545,95±118,75 d	471,73±44,80 de	151	451,25±120,59 e	389,10±124,28 d
			150	400,60±31,03 d	377,87±86,66 e	158	419,05±85,37 e	423,63±124,05 d

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 25.- Evolución de antocianos totales (expresado en mg/L de cloruro de malvidina-3-glucósido) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
128	2,95±0,13 a	4,56±3,00 b	122	12,98±5,21 a	6,40±1,87 b	123	10,65±1,94 b	3,92±2,08 c
141	3,20±2,02 a	11,49±3,32 ab	130	12,40±3,24 a	8,56±1,20 ab	130	19,33±3,18 ab	15,38±12,56 abc
152	3,46±0,97 a	12,01±6,16 ab	139	14,47±3,94 a	10,54±3,30 a	137	15,44±5,34 ab	12,14±7,62 bc
159	5,66±3,79 a	13,31±5,50 a	150	10,28±2,26 a	7,61±0,45 ab	144	13,95±1,50 b	8,19±6,30 c
165	4,11±1,24 a	12,14±6,84 ab				151	12,92±6,66 b	23,86±10,43 ab
						158	27,29±18,25 a	28,07±11,74 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 26.- Evolución de los taninos totales (expresado en mg/L de catequina) en mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hidricas¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
128	503,33±31,13 c	516,00±27,76 c	111	618,83±114,5 b	451,77±72,68 c	123	567,50±45,79 d	582,00±36,62 c
141	474,00±19,29 c	612,00±57,85 b	122	626,00±52,64 b	505,00±43,84 c	130	670,00±85,37 c	662,00±93,31 c
152	573,00±48,15 b	818,00±23,15 a	130	634,00±88,77 b	640,00±33,29 b	137	689,50±10,88 bc	668,00±65,44 bc
159	638,50±31,30 a	819,00±52,22 a	139	653,50±76,39 ab	676,67±41,68 b	144	695,00±26,46 bc	757,00±55,67 ab
165	673,50±37,22 a	836,50±33,48 a	150	757,00±54,76 a	833,33±51,59 a	151	770,50±76,39 ab	797,00±66,26 a
						158	795,00±82,02 a	791,00±52,22 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 27.- Valores de los parámetros analizados en el mosto de bayas de la variedad Tempranillo a 20°Brix, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

	1990		1991		1992	
	SECANO	REGADIO	SECANO	REGADIO	SECANO	REGADIO
Peso (100 bayas)	133,50±9,48	153,65±3,74	111,08±12,18	145,78±5,67	102,41±4,77	140,93±7,80
Glucosa (g/L)	91,15±6,52	90,53±2,84	93,15±2,70	99,78±7,55	98,08±2,58	99,17±6,54
Fructosa (g/L)	93,61±6,82	90,52±2,97	103,13±4,30	110,80±4,29	99,67±2,92	100,76±7,19
Glucosa/Fructosa	0,97±0,00	1,00±0,00	0,90±0,02	0,90±0,04	0,98±0,00	0,98±0,01
pH	3,61±0,04	3,25±0,07	3,32±0,09	3,42±0,09	3,39±0,06	3,24±0,14
Acidez Total (g/L)	4,28±0,19	7,96±0,09	5,00±0,35	6,63±0,06	4,99±0,29	7,02±0,59
Tartárico (g/L)	6,69±0,51	6,79±0,10	5,11±0,37	5,36±0,14	5,43±0,11	5,32±5,82
Málico (g/L)	1,75±0,15	4,59±0,34	1,74±0,27	3,01±0,14	1,59±0,20	3,06±0,47
Citríco (g/L)	0,16±0,03	0,24±0,02	0,18±0,02	0,21±0,01	0,13±0,01	0,16±0,02
Tartárico/Málico	3,84±0,40	1,48±0,11	2,99±0,48	1,78±0,08	3,47±0,48	1,77±0,24
Tartárico/Acidez	0,78±0,02	0,58±0,02	0,73±0,03	0,63±0,02	0,76±0,03	0,62±0,03
Azúcares/Acidez	21,55±1,84	15,58±0,50	28,01±1,47	24,40±1,00	27,67±0,89	23,60±3,16
°Brix/Acidez Total	4,55±0,14	2,51±0,03	4,02±0,28	3,02±0,09	4,02±0,23	2,89±0,42
Potasio (g/L)	2,95±0,21	1,62±0,15	1,41±0,29	1,30±0,10	1,46±0,06	1,45±0,00
Calcio (mg/L)	38,50±11,12	50,90±6,35	54,99±2,57	54,00±2,00	71,20±10,82	50,60±5,65
Magnesio (mg/L)	82,00±2,78	83,38±8,23	79,75±2,22	69,33±7,02	64,42±8,50	81,75±3,10
Sodio (mg/L)	3,50±0,58	12,25±3,06	10,86±3,63	11,33±1,53	5,46±0,37	5,50±0,58
Prolina (mg/L)	219,20±44,26	228,50±27,13	252,50±57,68	162,90±34,79	308,70±19,12	185,40±31,18
D ₅₂₀	1,11±0,16	0,71±0,12	1,06±0,13	0,82±0,12	0,99±0,09	0,63±0,07
D ₄₂₀	2,16±0,33	1,12±0,28	1,81±0,17	1,44±0,18	1,67±0,12	1,01±0,17
Intensidad	3,27±0,49	1,83±0,39	2,87±0,30	2,26±0,30	2,66±0,20	1,64±0,20
Tonalidad	1,96±0,04	1,56±0,18	1,70±0,05	1,76±0,05	1,69±0,05	1,62±0,28
Polifenoles Totales (mg/L)	401,20±99,48	509,90±55,17	426,30±23,25	471,70±44,8	549,70±71,23	377,60±62,21
Antocianos Totales (mg/L)	4,11±1,24	11,81±4,05	11,14±1,47	10,54±3,30	12,29±2,64	8,19±6,30
Taninos Totales (mg/L)	673,50±37,22	748,70±32,81	738,60±54,35	676,60±41,68	692,70±14,64	757,50±55,67

¹Valores medios±desviación estándar (n=4)

Tabla 28.- Valores de los distintos parámetros analizados en el mosto de bayas de la variedad Tempranillo en la fecha de vendimia, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

	1990		1991		1992	
	SECANO	REGADIO	SECANO	REGADIO	SECANO	REGADIO
Peso (100 bayas)	133,50±9,48	180,44±11,08	113,25±14,01	153,28±11,01	103,92±3,23	159,18±6,31
°Brix	19,46±0,82	22,36±0,22	20,18±0,51	21,58±0,68	23,14±0,85	22,49±1,06
Glucosa (g/L)	91,15±6,52	110,60±6,01	94,84±3,83	109,86±4,08	115,62±3,39	112,07±7,32
Fructosa (g/L)	93,61±6,82	112,71±6,21	104,13±4,44	119,90±3,43	118,49±3,53	115,53±6,77
Glucosa/Fructosa	0,97±0,00	0,98±0,00	0,91±0,00	0,92±0,00	0,98±0,00	0,97±0,01
pH	3,61±0,04	3,59±0,08	3,28±0,10	3,10±0,05	3,63±0,04	3,42±0,07
Acidez Total (g/L)	4,28±0,19	4,84±0,33	4,78±0,32	5,30±0,00	3,91±0,11	5,45±0,38
Tartárico (g/L)	6,69±0,51	5,97±0,13	4,85±0,48	4,03±1,08	4,84±0,24	4,92±0,09
Málico (g/L)	1,75±0,15	2,82±0,35	1,61±0,24	1,84±0,21	1,16±0,17	2,14±0,17
Cítrico (g/L)	0,16±0,03	0,23±0,04	0,17±0,02	0,19±0,01	0,13±0,00	0,15±0,00
Tartárico/Málico	3,84±0,40	2,14±0,21	3,05±0,41	2,22±0,71	4,23±0,66	2,31±0,16
Tartárico/Acidez	0,78±0,02	0,66±0,02	0,73±0,03	0,66±0,08	0,79±0,02	0,68±0,01
Azúcares/Acidez	21,55±1,84	24,81±2,12	30,12±2,12	38,55±5,93	38,26±2,22	31,61±2,83
°Brix/Acidez Total	4,55±0,14	4,63±0,27	4,25±0,38	4,07±0,13	5,92±0,15	4,15±0,42
Potasio (g/L)	2,95±0,21	2,050±0,60	1,36±0,35	1,37±0,26	1,70±0,09	1,77±0,11
Calcio (mg/L)	38,50±11,12	40,50±4,12	52,50±1,91	45,33±11,37	83,40±6,18	50,90±8,81
Magnesio (mg/L)	82,00±2,78	86,63±2,87	77,00±2,58	71,33±4,16	74,50±2,65	76,50±5,00
Sodio (mg/L)	3,50±0,58	4,50±0,58	9,75±4,11	5,33±3,21	16,08±1,99	8,68±1,23
Prolina (mg/L)	219,20±44,26	356,49±88,42	254,94±58,56	196,38±17,94	536,75±67,19	368,66±22,27
D ₅₂₀	1,10±0,16	0,72±0,10	1,05±0,13	0,95±0,04	1,01±0,10	0,90±0,16
D ₄₂₀	2,16±0,33	1,19±0,34	1,83±0,18	1,84±0,13	1,57±0,17	1,26±0,20
Intensidad	3,27±0,49	1,91±0,43	2,88±0,31	2,79±0,17	2,58±0,22	2,17±0,33
Tonalidad	1,96±0,04	1,62±0,25	1,74±0,07	1,94±0,07	1,55±0,19	1,41±0,17
Polifenoles Totales (mg/L)	401,25±99,48	313,68±50,84	400,60±31,03	377,87±86,66	419,05±85,37	423,63±124,1
Antocianos Totales (mg/L)	4,11±1,24	12,14±6,84	10,28±2,26	7,61±0,45	27,29±18,25	28,07±11,74
Taninos Totales (mg/L)	673,50±37,22	836,50±33,48	757,00±54,76	833,33±51,59	795,00±82,02	791,00±52,22

¹Valores medios±desviación estándar (n=4).

Tabla 29.- Evolución del peso (g/10 bayas) de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	6,86±0,63 b	11,55±1,78 c	129	6,40±0,69 c	11,09±0,52 c
130	9,73±0,75 a	13,89±1,27 b	136	12,27±1,43 b	15,71±1,24 b
137	10,13±1,26 a	13,26±0,53 b	143	11,47±1,78 b	15,46±1,39 b
144	9,96±1,28 a	13,42±0,85 b	150	11,72±1,59 b	20,36±1,72 a
151	9,15±1,02 a	15,81±0,86 a	157	12,91±0,70 b	20,58±1,43 a
158	10,49±1,15 a	14,78±0,75 ab	164	15,68±1,12 a	21,08±1,11 a

¹Valores mediosdesviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 30.- Evolución del peso de los hollejos (g/100 bayas) de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	17,68±1,88 b	19,90±1,95 b	129	15,03±4,08 c	17,45±1,94 d
130	19,85±2,91 ab	27,38±1,60 a	136	26,15±1,70 b	24,47±4,31 c
137	20,23±1,77 ab	27,75±2,25 a	143	23,83±7,22 b	28,53±4,31 c
144	18,73±1,14 ab	24,93±3,95 a	150	29,43±5,19 b	42,10±7,17 b
151	17,88±3,11 b	27,05±0,93 a	157	26,78±6,97 b	40,25±4,58 b
158	22,23±3,16 a	26,93±2,86 a	164	39,78±1,05 a	56,28±0,63 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 31.- Evolución de la relación pulpa/hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	2.92±0,58 b	4.78±0,36 a	129	3.45±1,05 a	5.41±0,67 a
130	3.98±0,86 a	4.07±0,35 bc	136	3.71±0,61 a	5.51±0,77 a
137	4.02±0,57 a	3.79±0,29 c	143	4.08±1,36 a	4.47±0,58 b
144	4.34±0,82 a	4.46±0,71 c	150	3.02±0,41 a	3.90±0,49 b
151	4.17±0,39 a	4.85±0,28 ab	157	4.00±0,95 a	4.16±0,62 b
158	3.79±0,85 ab	4.76±0,54 a	164	2.94±0,18 a	2.74±0,18 c

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan

²Días después del desborre.

Tabla 32.- Evolución de la densidad óptica a 520 nm de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	0,02±0,00 d	0,03±0,01 e	129	0,01±0,00 f	0,02±0,00 e
130	0,05±0,02 c	0,04±0,01 e	136	0,04±0,01 e	0,03±0,01 e
137	0,08±0,01 b	0,07±0,01 d	143	0,07±0,01 d	0,08±0,02 d
144	0,09±0,01 b	0,09±0,00 c	150	0,09±0,02 c	0,16±0,03 c
151	0,09±0,02 b	0,12±0,01 b	157	0,11±0,01 b	0,20±0,01 b
158	0,12±0,01 a	0,14±0,02 a	164	0,17±0,02 a	0,22±0,02 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 33.- Evolución de la densidad óptica a 420 nm de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	0,01±0,00 c	0,01±0,01 c	129	0,02±0,00 d	0,02±0,00 d
130	0,02±0,00 c	0,01±0,00 c	136	0,03±0,00 cd	0,03±0,00 d
137	0,05±0,01 a	0,04±0,01 ab	143	0,04±0,00 bc	0,04±0,01 c
144	0,04±0,01 ab	0,04±0,00 b	150	0,04±0,01 bc	0,06±0,01 b
151	0,03±0,01 b	0,04±0,01 ab	157	0,05±0,00 b	0,08±0,01 a
158	0,05±0,00 a	0,05±0,00 a	164	0,08±0,01 a	0,09±0,00 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 34.- Evolución de la intensidad colorante ($D_{520}+D_{420}$) en los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	0,04±0,01 d	0,04±0,02 d	129	0,03±0,01 f	0,03±0,01 d
130	0,07±0,02 c	0,05±0,02 d	136	0,07±0,01 e	0,05±0,01 d
137	0,13±0,01 b	0,11±0,02 c	143	0,11±0,01 d	0,12±0,02 c
144	0,13±0,01 b	0,12±0,01 c	150	0,13±0,02 c	0,22±0,04 b
151	0,12±0,02 b	0,16±0,02 b	157	0,16±0,02 b	0,28±0,02 a
158	0,17±0,01 a	0,19±0,02 a	164	0,25±0,03 a	0,30±0,02 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 35 - Evolución de la tonalidad colorante (D_{420}/D_{520}) de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	0,75±0,13 a	0,57±0,07 b	129	1,22±0,15 a	1,25±0,14 a
130	0,38±0,04 b	0,35±0,02 d	136	0,69±0,11 b	0,88±0,07 b
137	0,66±0,20 a	0,64±0,05 a	143	0,60±0,04 bc	0,55±0,05 c
144	0,45±0,08 b	0,42±0,02 c	150	0,50±0,05 cd	0,42±0,02 d
151	0,37±0,03 b	0,37±0,02 cd	157	0,48±0,03 cd	0,40±0,01 d
158	0,41±0,01 b	0,39±0,02 cd	164	0,47±0,04 d	0,40±0,02 d

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 36.- Evolución de los polifenoles totales (mg de ácido gálico/100g de bayas) de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	218,53±17,89 d	143,46±19,75 e	129	314,32±23,75 c	232,23±14,63 c
130	275,60±14,06 cd	205,17±25,04 cd	136	305,31±25,56 c	228,43±21,62 c
137	271,89±59,69 cd	191,44±38,02 d	143	355,56±30,78 ab	288,96±22,44 b
144	310,29±15,99 bc	240,27±33,17 bc	150	364,45±17,56 a	302,68±20,57 ab
151	341,02±31,86 ab	257,99±18,21 b	157	341,35±33,62 abc	307,77±12,91 ab
158	386,82±64,79 a	309,14±12,88 a	164	327,07±13,53 bc	315,95±10,94 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 37.- Evolución de densidad óptica a 280 nm en los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	0,09±0,01 b	0,10±0,03 d	129	0,08±0,01 e	0,10±0,01 d
130	0,12±0,02 b	0,10±0,02 d	136	0,16±0,01 d	0,15±0,02 d
137	0,22±0,04 a	0,18±0,02 c	143	0,19±0,02 c	0,20±0,02 c
144	0,19±0,02 a	0,18±0,01 c	150	0,20±0,03 c	0,31±0,04 b
151	0,18±0,03 a	0,23±0,01 b	157	0,23±0,02 b	0,33±0,03 ab
158	0,22±0,01 b	0,25±0,01 a	164	0,30±0,03 a	0,36±0,02 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 38.- Evolución de los antocianos totales de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	40,93±2,49 d	33,69±9,68 d	129	15,61±4,34 f	14,78±10,76 d
130	89,84±15,74 d	52,94±9,70 d	136	41,51±9,69 e	19,01±4,10 d
137	113,15±8,56 c	73,17±17,74 c	143	75,85±15,39 d	66,02±18,41 c
144	138,24±10,00 b	99,78±11,96 b	150	95,52±9,63 c	105,84±16,51 b
151	152,54±11,98 ab	107,25±10,32 b	157	119,40±8,68 b	126,42±3,96 a
158	156,00±14,18 a	141,14±18,49 a	164	138,05±6,63 a	139,17±13,16 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre

Tabla 39.- Evolución de los taninos totales de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas (mg de catequina/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	163,29±28,84 c	109,34±13,26 c	129	109,84±6,64 a	67,88±1,02 c
130	138,56±8,13 c	112,04±24,79 c	136	82,13±8,78 d	64,94±4,03 c
137	236,69±31,56 b	185,02±8,71 a	143	96,15±8,19 bc	79,34±2,03 a
144	245,92±24,84 ab	183,43±8,40 a	150	98,48±5,85 b	77,35±4,03 ab
151	278,98±26,56 a	161,65±8,29 b	157	86,97±6,80 cd	74,80±1,32 b
158	261,85±34,11 ab	185,16±8,14 a	164	80,83±3,69 d	75,19±3,51 ab

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 40.- Evolución de la delfinidina de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	11,82±1,97 c	9,43±3,72 c	129	2,09±1,34 d	2,67±2,38 d
130	23,32±7,17 b	11,10±3,29 c	136	6,29±3,26 d	2,29±0,81 d
137	29,91±6,13 ab	14,34±5,72 c	143	13,60±3,94 c	17,23±4,79 c
144	36,99±3,93 a	24,52±4,12 b	150	17,48±4,95 bc	29,81±6,32 b
151	37,19±5,89 a	26,13±3,85 b	157	21,22±5,03 b	38,09±4,22 a
158	33,37±6,66 a	35,73±6,88 a	164	28,76±4,96 a	37,01±0,75 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 41.- Evolución de la cianidina de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	1,66±0,52 c	1,43±0,67 b	129	0,17±0,20 c	0,36±0,41 c
130	2,79±1,29 abc	1,41±0,50 b	136	0,62±0,52 bc	0,20±0,10 c
137	3,74±0,86 a	1,61±0,74 b	143	0,85±0,58 bc	2,36±0,68 b
144	3,15±0,85 ab	1,99±0,40 b	150	0,97±0,43 bc	3,57±1,22 a
151	2,21±0,54 bc	2,23±0,49 b	157	1,07±0,83 ab	4,31±0,96 a
158	2,09±1,10 bc	3,22±0,71 a	164	1,79±0,49 a	4,19±0,49 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 42.- Evolución de la petunidina de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	8,70±1,16 c	7,05±2,67 c	129	1,79±1,10 d	2,18±1,92 d
130	17,59±4,87 b	8,84±2,35 c	136	5,42±2,31 d	2,20±0,64 d
137	23,28±3,50 a	11,44±4,33 c	143	11,64±2,73 c	12,86±3,54 c
144	27,32±2,36 a	18,79±3,14 b	150	14,75±3,25 bc	21,83±4,06 b
151	28,27±4,58 a	20,14±2,84 b	157	17,05±3,24 b	27,39±2,38 a
158	25,65±4,34 a	26,38±4,58 a	164	21,90±3,26 a	26,70±0,56 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 43.- Evolución de la peonidina de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	3,19±0,30 c	2,83±1,17 c	129	0,60±0,48 d	0,88±0,85 d
130	5,64±2,07 b	3,39±0,86 c	136	1,85±0,84 d	0,81±0,16 d
137	7,10±1,55 ab	4,23±1,74 c	143	3,84±1,16 c	4,90±1,29 c
144	8,15±1,25 a	6,10±1,00 b	150	4,48±1,01 bc	8,14±1,61 b
151	7,88±1,33 ab	7,10±1,25 b	157	5,39±1,42 b	10,22±1,16 a
158	7,17±1,96 ab	9,04±1,25 a	164	7,33±0,71 a	10,26±0,87 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 44.- Evolución de la malvidina de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	SECANO	REGADIO	FECHA ²	SECANO	REGADIO
123	20,97±3,67 e	19,16±6,22 d	129	6,65±3,47 f	6,96±5,61 d
130	44,94±9,13 d	28,56±5,08 cd	136	19,22±4,34 e	9,36±1,85 d
137	60,96±6,52 c	38,69±12,10 c	143	45,57±7,85 d	37,01±11,89 c
144	78,03±5,13 b	61,69±7,87 b	150	60,39±7,52 c	66,48±10,24 b
151	89,03±9,66 a	70,99±5,45 b	157	72,70±7,13 b	84,55±2,12 a
158	84,52±6,72 ab	85,51±12,13 a	164	84,88±8,01 a	86,90±7,05 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 45.- Valores de los distintos parámetros analizados en el hollejo de bayas de la variedad Tempranillo a 20°Brix, sometidos a distintas condiciones hídricas¹.

	1992		1993	
	SECANO	REGADIO	SECANO	REGADIO
Peso (g/100 bayas)	102,41±4,77	140,93±7,80	156,77±11,19	203,63±17,20
Hollejos (g/100 bayas)	19,48±3,82	24,93±3,95	39,78±1,05	42,10±7,17
D₅₂₀	0,08±0,00	0,09±0,00	0,17±0,02	0,14±0,03
D₄₂₀	0,04±0,01	0,04±0,00	0,08±0,01	0,06±0,01
Intensidad	0,13±0,01	0,12±0,01	0,25±0,03	0,19±0,03
Tonalidad	0,52±0,08	0,42±0,02	0,47±0,04	0,46±0,03
Polifenoles Totales (mg/100g)	332,75±87,4	240,27±33,2	327,07±13,5	298,76±20,1
D₂₈₀	0,20±0,02	0,18±0,01	0,30±0,03	0,28±0,03
Antocianos Totales (mg/100g)	128,09±8,70	99,78±11,96	138,05±6,63	94,46±15,53
Taninos Totales (mg/100g)	242,19±27,43	183,43±8,40	80,83±3,69	77,92±3,30
Delfinidina (mg/100g)	34,13±4,34	24,52±4,12	28,76±4,96	26,22±5,22
Cianidina (mg/100g)	3,39±0,84	1,99±0,40	1,78±0,49	3,22±0,89
Petunidina (mg/100g)	25,68±2,28	18,79±3,14	21,90±3,26	19,27±3,42
Peonidina (mg/100g)	7,73±1,28	6,10±1,00	7,33±0,71	7,22±1,23
Malvidina (mg/100g)	71,10±3,79	61,69±7,87	84,88±8,01	58,06±9,65

¹Valores medios±desviación estándar (n=4).

Tabla 46.- Valores de los distintos parámetros analizados en los hollejos de bayas de la variedad Tempranillo en la fecha de la vendimia, sometidos a distintas condiciones hídricas¹.

	1992		1993	
	SECANO	REGADIO	SECANO	REGADIO
Peso (g/100 bayas)	103,92±3,23	159,18±6,31	156,78±11,19	210,75±11,12
Hollejos (g/100 bayas)	22,23±3,16	26,93±2,86	39,78±1,05	56,28±0,63
D ₅₂₀	0,12±0,01	0,14±0,02	0,17±0,02	0,22±0,02
D ₄₂₀	0,05±0,00	0,05±0,00	0,08±0,01	0,09±0,00
Intensidad	0,17±0,01	0,19±0,02	0,25±0,03	0,30±0,02
Tonalidad	0,41±0,01	0,39±0,02	0,47±0,04	0,40±0,02
Polifenoles Totales (mg/100g)	386,82±64,79	309,14±12,88	327,07±13,53	315,95±10,94
D ₂₈₀	0,22±0,01	0,25±0,01	0,30±0,03	0,36±0,02
Antocianos Totales (mg/100g)	156,00±14,18	141,14±18,49	138,05±6,63	139,17±13,16
Taninos Totales (mg/100g)	261,85±34,11	185,16±8,14	80,83±3,69	75,19±3,51
Delfinidina (mg/100g)	33,36±6,66	35,73±6,88	28,76±4,96	37,01±0,75
Cianidina (mg/100g)	2,09±1,10	3,22±0,71	1,78±0,49	4,19±0,49
Petunidina (mg/100g)	25,65±4,34	26,38±4,58	21,90±3,26	26,70±0,56
Peonidina (mg/100g)	7,17±1,96	9,04±1,25	7,33±0,71	10,26±0,87
Malvidina (mg/100g)	84,52±6,72	85,51±12,13	84,88±8,01	86,90±7,05

¹Valores medios±desviación estándar (n=4).

Tabla 47.- Evolución del peso (g/100 bayas) de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
102	57,70±1,85 e	50,48±2,64 g	83	58,44±1,93 e	54,00±8,29 e	92	55,48±3,78 f	52,85±2,77 e
107	63,88±5,35 ef	65,80±3,58 f	93	66,87±3,78 de	70,38±9,40 d	102	61,67±2,13 f	56,20±2,17 e
120	94,25±7,14 d	84,03±6,22 e	102	75,82±1,70 d	63,30±4,65 de	111	73,02±4,76 e	67,82±5,77 d
128	122,60±15,51 c	103,20±4,39 d	111	74,37±11,22 d	62,67±8,16 de	123	97,85±7,92 d	118,52±13,90 c
141	147,02±14,70 b	140,04±7,58 c	122	122,74±11,21 c	101,47±9,16 c	130	111,57±11,46 c	138,14±6,29 b
152	176,97±3,51 a	162,38±3,76 b	130	142,89±10,66 b	116,93±14,55 b	137	132,31±7,87 b	137,92±3,41 b
159	183,31±4,21 a	164,62±7,27 b	139	155,53±15,32 ab	145,78±5,67 a	144	132,69±2,82 b	140,93±7,80 b
165	188,09±6,73 a	180,44±11,08 a	150	170,35±15,21 a	153,28±11,01 a	151	135,40±5,01 b	158,26±3,37 a
						158	145,83±11,48 a	159,18±6,31 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 48.- Evolución del °Brix del mosto procedente de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
102	5,22±0,66 f	4,35±0,13 g	83	4,59±0,28 f	5,00±0,27 ef	92	3,89±0,06 g	4,04±0,22 f
107	5,49±0,23 f	5,68±0,14 f	93	4,49±0,10 f	4,47±0,18 f	102	3,84±0,26 g	4,02±0,30 f
120	10,07±0,82 e	8,95±1,09 e	102	5,10±0,20 f	4,62±0,12 f	111	6,66±0,61 f	7,17±0,55 e
128	14,79±0,90 d	14,18±0,86 d	111	8,03±0,82 e	5,82±0,17 e	123	14,87±0,96 e	15,54±1,32 d
141	18,93±0,76 c	18,08±1,23 c	122	15,91±0,43 d	12,72±1,25 d	130	17,16±0,56 d	17,08±0,78 c
152	21,31±0,30 b	21,23±0,25 b	130	19,54±0,49 c	15,58±1,55 c	137	19,36±0,56 c	18,00±0,83 c
159	23,00±0,41 a	22,14±0,89 ab	139	21,11±0,49 b	20,05±0,68 b	144	21,24±0,62 b	20,08±1,34 b
165	23,22±0,56 a	22,36±0,22 a	150	22,74±0,58 a	21,58±0,68 a	151	23,07±0,48 a	21,31±0,66 ab
						158	23,78±0,59 a	22,49±1,06 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 49. - Evolución de la glucosa (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	3.93±0.44 f	3.88±0.37 f	83	2.64±0.40 f	2.99±0.51 f	92	4.59±0.27 g	5.68±0.40 f
120	28.77±4.36 c	24.77±4.78 c	93	3.17±0.30 f	3.20±0.35 f	102	6.07±0.66 g	7.61±0.17 f
128	59.16±4.49 d	57.24±6.97 d	102	6.29±0.34 f	5.12±0.63 ef	111	21.06±2.81 f	24.57±2.61 e
141	78.84±9.97 c	77.21±10.32 c	111	23.35±6.96 c	11.41±3.85 c	123	66.82±5.30 e	72.32±8.86 d
152	103.87±3.65 b	99.08±2.08 b	122	71.23±4.31 d	53.16±6.44 d	130	76.67±5.22 d	79.53±6.48 d
159	116.33±9.19 a	97.21±11.03 b	130	90.20±2.05 c	65.26±6.15 c	137	96.12±5.37 c	87.91±5.65 c
165	117.47±13.09 a	110.60±6.01 a	139	109.15±1.71 b	99.78±7.55 b	144	105.76±4.27 b	99.17±6.54 b
			150	117.20±2.70 a	109.86±4.08 a	151	116.72±4.26 a	108.88±4.91 a
						158	118.58±3.43 a	112.07±7.32 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0.05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 50.- Evolución de la fructosa (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	0,48±0,19 f	0,52±0,21 f	83	1,09±0,22 f	1,01±0,17 f	92	1,60±0,13 g	1,75±0,12 g
120	23,84±4,06 e	19,31±4,32 e	93	0,73±0,08 f	1,05±0,55 f	102	2,03±0,17 g	2,97±0,11 g
128	57,30±4,70 d	55,39±6,93 d	102	2,41±0,30 f	1,88±0,06 f	111	16,48±2,48 f	20,75±2,77 f
141	77,97±9,96 c	76,40±10,30 c	111	19,87±6,62 e	8,60±2,65 e	123	64,56±5,31 e	71,77±9,01 e
152	104,60±3,74 b	99,58±2,18 b	122	72,70±4,44 d	55,24±5,63 d	130	76,46±5,07 d	79,92±6,37 d
159	118,22±9,91 a	97,53±11,68 b	130	94,99±2,11 c	69,98±7,21 c	137	96,96±4,68 c	89,43±5,64 c
165	119,51±12,69 a	112,71±6,21 a	139	116,89±2,50 b	110,80±4,29 b	144	106,59±4,11 b	100,76±7,19 b
			150	127,62±3,21 a	119,90±3,43 a	151	118,45±4,34 a	111,30±4,62 a
						158	121,76±3,34 a	115,53±6,77 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 51.- Evolución de la relación glucosa/fructosa en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	8,94±2,29 a	8,39±3,06 a	83	2,45±0,22 b	2,96±0,29 a	92	2,88±0,15 a	3,25±0,18 a
120	1,21±0,03 b	1,29±0,05 b	93	4,36±0,47 a	3,50±1,41 a	102	2,99±0,14 b	2,57±0,11 b
128	1,03±0,01 b	1,03±0,01 b	102	2,63±0,21 b	2,73±0,40 a	111	1,28±0,03 c	1,19±0,04 c
141	1,01±0,00 b	1,01±0,00 b	111	1,19±0,05 c	1,32±0,18 b	123	1,03±0,01 d	1,01±0,01 d
152	0,99±0,00 b	0,99±0,01 b	122	0,98±0,01 c	0,96±0,02 b	130	1,00±0,00 d	0,99±0,01 d
159	0,98±0,01 b	0,99±0,01 b	130	0,95±0,01 c	0,93±0,04 b	137	0,99±0,01 d	0,98±0,01 d
165	0,98±0,01 b	0,98±0,00 b	139	0,93±0,01 c	0,90±0,01 b	144	0,99±0,00 d	0,98±0,01 d
			150	0,92±0,00 c	0,92±0,01 b	151	0,98±0,00 d	0,98±0,01 d
						158	0,97±0,01 d	0,97±0,01 d

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 52.- Evolución del pH en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
102	2,85±0,12 e	2,86±0,05 de	83	2,74±0,08 d	2,63±0,06 d	92	2,56±0,01 e	2,50±0,04 e
107	2,81±0,06 e	2,77±0,15 ef	93	2,56±0,15 c	2,51±0,12 e	102	2,55±0,00 e	2,53±0,05 c
120	2,76±0,05 e	2,70±0,06 f	102	2,56±0,05 e	2,58±0,04 de	111	2,59±0,04 e	2,57±0,01 e
128	3,01±0,07 d	2,91±0,08 d	111	2,74±0,09 d	2,75±0,12 c	123	2,82±0,03 d	2,87±0,05 d
141	3,20±0,06 c	3,13±0,09 c	122	2,96±0,03 c	2,79±0,03 c	130	3,00±0,04 c	3,05±0,02 c
152	3,39±0,11 b	3,33±0,07 b	130	3,28±0,09 b	3,04±0,04 b	137	3,06±0,08 c	3,08±0,05 c
159	3,41±0,02 b	3,36±0,07 b	139	3,48±0,12 a	3,42±0,09 a	144	3,26±0,07 b	3,24±0,14 b
165	3,57±0,06 a	3,59±0,08 a	150	3,26±0,08 b	3,10±0,05 b	151	3,44±0,09 a	3,35±0,03 a
						158	3,45±0,03 a	3,42±0,07 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 53.- Evolución de la acidez total (g/L de ácido tartárico) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
102	30,48±2,16 b	28,28±0,99 c	83	26,03±1,08 c	27,93±2,97 b	92	48,53±20,75 b	43,58±6,46 b
107	37,33±1,16 a	36,75±2,23 a	93	33,47±1,45 b	34,68±0,88 a	102	61,35±2,40 a	55,96±5,99 a
120	30,95±1,72 b	33,08±1,86 b	102	38,25±2,26 a	34,67±0,46 a	111	33,65±1,62 c	33,19±1,61 c
128	19,33±2,49 c	19,90±1,98 d	111	33,83±3,33 b	33,77±0,46 a	123	19,12±1,31 d	14,50±1,69 d
141	9,78±1,04 d	10,50±0,01 e	122	13,43±1,26 d	15,87±0,85 c	130	13,70±1,03 de	11,13±1,18 de
152	6,34±0,22 e	6,34±0,14 f	130	8,18±0,28 e	9,93±0,76 d	137	9,58±0,82 de	8,13±0,48 ef
159	5,63±0,19 e	5,70±0,39 f	139	6,43±0,21 ef	6,63±0,06 e	144	6,98±0,70 e	7,02±0,59 ef
165	4,73±0,40 e	4,84±0,33 f	150	5,15±0,17 f	5,30±0,01 e	151	7,13±0,20 e	6,54±0,23 f
						158	6,33±0,33 e	5,45±0,38 f

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 54.- Evolución del ácido tartárico (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	15,32±1,04 a	16,22±1,73 a	83	16,47±1,58 a	16,92±2,76 a	92	13,31±0,88 a	13,41±0,63 a
120	12,90±2,65 b	14,05±0,40 b	93	14,31±0,89 b	16,49±1,37 a	102	12,83±0,48 a	13,36±0,61 a
128	9,10±0,85 c	9,70±0,73 c	102	13,79±1,32 bc	13,99±0,74 b	111	11,99±0,31 b	11,48±0,31 b
141	6,76±0,29 d	7,27±0,24 d	111	12,72±1,05 c	13,62±0,79 b	123	8,11±0,86 c	7,55±0,19 c
152	6,44±0,12 d	6,48±0,10 de	122	6,97±0,48 d	8,69±0,10 c	130	6,83±0,19 d	6,56±0,39 d
159	6,32±0,09 d	5,80±0,52 e	130	6,00±0,48 de	6,73±0,25 d	137	5,86±0,26 e	5,43±0,14 e
165	6,17±0,19 d	5,97±0,13 e	139	5,56±0,20 e	5,36±0,14 de	144	5,73±0,21 ef	5,32±0,20 e
			150	4,68±0,58 e	4,03±1,08 e	151	5,38±0,37 ef	4,17±1,35 f
						158	5,12±0,36 f	4,92±0,09 ef

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 55.- Evolución del ácido málico (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	21,77±1,76 a	21,38±0,89 a	83	28,38±4,29 a	27,53±7,74 a	92	14,08±1,53 b	15,53±0,49 c
120	18,61±1,53 b	18,39±0,77 b	93	21,68±1,88 c	26,19±5,24 a	102	17,72±0,73 a	18,68±1,10 a
128	11,72±1,54 c	12,11±1,22 c	102	26,18±1,72 ab	22,76±2,59 a	111	18,11±0,63 a	17,32±0,74 b
141	5,46±0,31 d	5,67±0,35 d	111	24,75±4,09 bc	24,48±1,34 a	123	10,09±1,26 c	7,06±1,06 d
152	3,95±0,21 de	3,90±0,33 e	122	8,91±0,88 d	9,39±0,90 b	130	6,66±0,43 d	5,02±0,69 e
159	3,41±0,20 e	3,22±0,36 ef	130	4,48±0,22 e	5,01±0,78 bc	137	4,69±0,46 e	3,51±0,25 f
165	2,90±0,29 e	2,82±0,35 f	139	3,39±0,28 e	3,01±0,14 c	144	4,10±0,27 ef	3,06±0,47 fg
			150	2,17±0,07 e	1,84±0,21 c	151	3,40±0,15 fg	2,72±0,12 fg
						158	2,94±0,07 g	2,14±0,17 g

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 56.- Evolución del ácido cítrico (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	0,50±0,05 a	0,55±0,03 a	93	0,30±0,05 b	0,30±0,02 b	92	0,26±0,03 c	0,29±0,01 b
120	0,54±0,04 a	0,57±0,02 a	102	0,43±0,03 a	0,38±0,01 a	102	0,41±0,01 b	0,48±0,04 a
128	0,35±0,03 b	0,37±0,02 b	111	0,41±0,02 a	0,41±0,01 a	111	0,49±0,02 a	0,47±0,02 a
141	0,34±0,15 bc	0,26±0,01 c	122	0,25±0,03 c	0,22±0,01 c	123	0,27±0,02 c	0,21±0,03 c
152	0,24±0,00 c	0,23±0,03 c	130	0,23±0,01 c	0,19±0,01 c	130	0,19±0,01 d	0,18±0,02 cd
159	0,26±0,03 bc	0,26±0,04 c	139	0,24±0,02 c	0,21±0,01 c	137	0,19±0,01 d	0,16±0,01 d
165	0,25±0,06 bc	0,23±0,04 c	150	0,22±0,02 c	0,19±0,01 c	144	0,18±0,00 d	0,16±0,02 d
						151	0,17±0,01 d	0,15±0,02 d
						158	0,16±0,01 d	0,15±0,00 d

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 57.- Evolución de la relación tartárico/málico en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	0,70±0,06 e	0,76±0,06 d	83	0,58±0,05 e	0,63±0,08 d	92	0,95±0,06 e	0,86±0,04 ef
120	0,69±0,08 e	0,76±0,04 d	93	0,66±0,03 de	0,64±0,09 d	102	0,72±0,05 fg	0,72±0,02 f
128	0,78±0,03 e	0,80±0,04 d	102	0,53±0,05 e	0,62±0,11 d	111	0,66±0,03 g	0,66±0,04 f
141	1,24±0,05 d	1,29±0,11 c	111	0,52±0,08 e	0,56±0,04 d	123	0,80±0,05 f	1,09±0,15 de
152	1,63±0,07 c	1,67±0,12 b	122	0,78±0,04 d	0,93±0,10 d	130	1,03±0,04 e	1,32±0,17 cd
159	1,86±0,08 b	1,82±0,28 b	130	1,34±0,12 c	1,36±0,19 c	137	1,26±0,13 d	1,55±0,07 bc
165	2,14±0,15 a	2,14±0,21 a	139	1,64±0,12 b	1,78±0,08 b	144	1,40±0,05 c	1,77±0,24 b
			150	2,16±0,30 a	2,22±0,71 a	151	1,58±0,12 b	1,53±0,49 bc
						158	1,744±0,15 a	2,31±0,16 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 58.- Evolución de la relación tartárico/acidez en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	0,41±0,01 f	0,42±0,02 d	83	0,37±0,02 e	0,38±0,03 d	92	0,48±0,02 f	0,46±0,01 e
120	0,40±0,03 f	0,43±0,01 d	93	0,39±0,01 d	0,39±0,03 d	102	0,41±0,02 h	0,41±0,01 f
128	0,43±0,01 e	0,44±0,01 d	102	0,34±0,02 f	0,378±0,04 d	111	0,39±0,01 i	0,40±0,01 f
141	0,54±0,00 d	0,55±0,02 c	111	0,34±0,03 f	0,35±0,02 d	123	0,44±0,01 g	0,51±0,04 d
152	0,61±0,01 c	0,61±0,02 b	122	0,43±0,01 c	0,48±0,03 c	130	0,50±0,01 e	0,56±0,03 c
159	0,63±0,01 b	0,62±0,03 b	130	0,56±0,02 b	0,57±0,03 b	137	0,55±0,03 d	0,60±0,01 bc
165	0,66±0,01 a	0,66±0,02 a	139	0,61±0,02 b	0,63±0,02 ab	144	0,57±0,01 c	0,62±0,03 b
			150	0,66±0,03 a	0,66±0,08 a	151	0,60±0,02 b	0,58±0,10 c
						158	0,62±0,02 a	0,68±0,01 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 59.- Evolución de la relación °Brix/acidez total en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
102	0,17±0,01 f	0,15±0,00 f	83	0,18±0,01 e	0,17±0,00 e	92	0,09±0,03 f	0,09±0,01 g
107	0,15±0,01 f	0,15±0,01 f	93	0,13±0,00 e	0,13±0,00 e	102	0,06±0,00 f	0,07±0,00 g
120	0,33±0,04 f	0,27±0,04 f	102	0,13±0,00 e	0,13±0,00 e	111	0,20±0,02 f	0,22±0,02 g
128	0,78±0,15 e	0,72±0,11 e	111	0,24±0,04 e	0,17±0,01 e	123	0,78±0,09 e	1,09±0,20 f
141	1,96±0,28 d	1,72±0,12 d	122	1,19±0,13 d	0,80±0,07 d	130	1,26±0,12 d	1,55±0,22 e
152	3,37±0,17 c	3,35±0,05 c	130	2,40±0,04 c	1,58±0,25 c	137	2,04±0,22 c	2,22±0,21 d
159	4,09±0,21 b	3,90±0,33 b	139	3,29±0,16 b	3,02±0,09 b	144	3,06±0,23 b	2,89±0,42 c
165	4,94±0,39 a	4,63±0,27 a	150	4,42±0,12 a	4,07±0,13 a	151	3,23±0,08 b	3,26±0,12 b
						158	3,76±0,16 a	4,15±0,42 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 60.- Evolución de la relación azúcares/acidez en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	0,12±0,01 e	0,11±0,02 f	83	0,08±0,01 e	0,09±0,01 e	92	0,23±0,01 g	0,26±0,01 d
120	1,65±0,21 e	1,34±0,30 f	93	0,11±0,01 e	0,10±0,00 e	102	0,26±0,03 g	0,33±0,01 d
128	5,59±1,06 d	5,10±0,72 e	102	0,22±0,03 e	0,19±0,01 e	111	1,24±0,18 g	1,56±0,19 d
141	12,47±1,22 c	11,62±1,38 d	111	1,18±0,48 e	0,52±0,16 e	123	7,20±1,16 f	9,82±1,83 c
152	19,64±1,22 b	18,75±0,79 c	122	8,99±1,25 d	5,92±0,56 d	130	11,23±1,20 e	13,69±2,17 c
159	23,50±2,37 a	21,07±2,68 b	130	17,32±0,53 c	11,40±1,67 c	137	18,03±1,64 d	19,51±1,58 b
165	25,42±2,78 a	24,81±2,12 b	139	24,82±1,77 b	24,40±1,00 b	144	21,29±0,25 c	23,60±3,16 b
			150	34,75±1,98 a	38,55±5,93 a	151	26,32±0,63 b	32,25±6,59 a
						158	29,28±0,86 a	31,61±2,83 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 61.- Evolución del potasio (g/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	1,33±0,19 b	0,98±0,15 d	83	1,21±0,29 bc	1,05±0,08 cd	92	1,15±0,16 f	1,23±0,19 e
120	1,53±0,13 bc	1,53±0,13 bc	93	0,83±0,12 e	0,88±0,12 de	102	1,15±0,08 f	1,15±0,14 e
128	1,28±0,17 b	1,35±0,29 cd	102	0,98±0,17 de	0,80±0,05 e	111	1,31±0,14 e	1,29±0,13 cde
141	1,53±0,15 b	1,50±0,24 bc	111	0,85±0,13 e	0,73±0,08 e	123	1,40±0,04 de	1,25±0,04 de
152	1,75±0,19 b	1,73±0,13 abc	122	1,13±0,09 cd	1,03±0,15 cd	130	1,49±0,07 d	1,50±0,09 b
159	1,50±0,90 b	2,00±0,55 ab	130	1,34±0,13 abc	1,18±0,03 bc	137	1,65±0,07 c	1,43±0,12 bcd
165	2,48±0,26 a	2,05±0,60 a	139	1,41±0,08 ab	1,30±0,10 ab	144	1,70±0,08 c	1,45±0,00 bc
			150	1,49±0,11 a	1,37±0,26 a	151	1,90±0,05 b	1,75±0,19 a
						158	2,09±0,13 a	1,77±0,11 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 62.- Evolución del calcio (mg/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	81,50±8,54 a	101,00±8,25 a	83	120,00±29,93 a	185,33±14,05 a	92	173,58±6,22 a	150,40±30,96 a
120	68,90±11,13 b	97,50±9,00 a	93	76,50±18,72 b	110,00±0,00 b	102	148,20±25,52 b	142,90±13,23 a
128	68,50±6,40 b	97,00±9,87 a	102	83,00±17,17 b	108,00±7,21 b	111	104,05±2,51 c	112,50±27,80 b
141	51,00±9,87 c	57,00±7,39 b	111	77,00±10,39 b	110,00±13,86 b	123	91,95±15,99 c	65,10±7,20 c
152	33,50±1,91 d	47,00±6,00 bc	122	48,00±2,83 c	66,67±7,02 cd	130	70,50±15,18 d	66,50±12,60 c
159	38,00±5,89 d	50,50±8,54 bc	130	46,50±3,00 c	71,33±6,11 c	137	58,10±6,37 de	53,90±8,19 c
165	36,00±2,83 d	40,50±4,12 c	139	53,00±14,38 c	54,00±2,00 de	144	56,35±10,89 de	50,60±5,65 c
			150	37,50±5,51 c	45,33±11,37 e	151	51,25±2,66 e	55,50±16,97 c
						158	55,65±12,12 de	50,90±8,81 c

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 63.- Evolución del magnesio (mg/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	69,00±6,83 b	80,00±3,27 abc	83	84,50±5,26 a	88,00±6,93 a	102	54,00±4,69 d	74,25±8,88 bcd
120	60,00±5,89 cd	71,00±3,83 bc	93	48,50±8,54 d	55,33±3,06 c	111	59,50±4,43 d	64,00±6,98 d
128	59,00±4,77 d	69,50±6,61 c	102	49,50±6,61 d	58,00±2,00 c	123	67,75±4,27 c	66,75±3,50 cd
141	66,75±4,27 bc	83,50±19,89 a	111	51,50±1,91 d	54,67±3,06 c	130	80,50±1,91 a	77,75±9,32 bc
152	69,00±2,58 b	83,25±2,75 ab	122	58,50±3,00 c	61,00±7,94 c	137	70,50±2,89 bc	66,50±5,45 cd
159	82,75±4,27 a	86,25±2,50 a	130	59,00±2,58 c	56,67±4,62 c	144	83,25±7,04 a	81,75±3,10 ab
165	83,53±3,15 a	86,63±2,87 a	139	70,00±2,83 b	69,33±7,02 b	151	85,25±1,50 a	72,00±4,24 bcd
			150	69,50±1,91 b	71,33±4,16 b	158	74,50±2,65 bc	76,50±5,00 bc

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 64.- Evolución del sodio (mg/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	23,50±0,71 a	21,75±4,19 a	83	7,50±4,73 b	5,50±2,52 bc	92	12,88±4,70 a	13,00±3,56 a
120	5,00±1,63 cd	4,50±1,29 d	93	24,00±4,90 a	22,67±9,45 a	102	3,75±0,50 cd	6,18±3,05 bcd
128	7,25±4,27 c	8,50±2,12 c	102	7,75±2,87 b	8,67±2,08 bc	111	8,25±5,32 bc	6,00±0,82 bcd
141	3,75±0,50 d	5,25±1,50 cd	111	8,25±4,11 b	6,00±1,73 bc	123	5,00±2,83 bcd	5,25±2,63 d
152	16,33±2,52 b	16,75±4,11 b	122	9,00±1,83 b	8,00±3,00 bc	130	5,25±2,63 bcd	6,25±1,71 bcd
159	3,25±0,50 d	4,00±0,00 d	130	11,25±6,90 b	11,00±2,65 bc	137	2,50±1,29 d	5,28±3,03 d
165	3,25±0,50 d	4,50±0,58 d	139	13,25±4,65 b	11,33±1,53 b	144	3,50±1,00 d	5,50±0,58 cd
			150	7,25±1,71 b	5,33±3,21 c	151	9,03±3,82 ab	8,83±0,77 b
						158	7,10±2,95 bcd	8,68±1,23 bc

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 65.- Evolución de la prolina (mg/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
107	5,99±0,77 e	5,54±0,52 e	83	5,57±0,88 e	5,91±1,17 e	92	5,24±0,60 f	5,70±0,41 g
120	36,62±6,96 de	26,89±9,16 de	93	4,69±0,56 c	5,33±0,44 c	102	6,06±1,12 f	6,15±0,95 g
128	83,17±19,05 d	69,48±15,30 d	102	3,06±0,35 e	3,35±0,37 c	111	11,92±1,89 f	11,77±3,35 g
141	183,88±26,46 c	165,01±22,10 c	111	13,75±7,67 e	3,92±0,30 e	123	96,56±7,39 c	67,35±14,95 f
152	314,09±34,06 b	269,37±41,23 b	122	89,26±8,968 d	37,90±15,23 d	130	161,36±17,73 d	109,94±7,46 e
159	372,08±48,53 a	298,68±52,79 ab	130	152,54±18,49 c	68,26±21,11 c	137	287,62±38,82 c	157,41±10,72 d
165	399,08±66,16 a	356,49±88,42 a	139	234,03±46,43 b	162,91±34,79 b	144	332,65±16,73 b	185,40±31,18 c
			150	305,15±46,10 a	196,38±17,94 a	151	479,32±49,48 a	251,52±19,30 b
						158	504,42±60,45 a	368,66±22,27 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 66.- Evolución de la densidad óptica a 520 nm en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
120	0,16±0,09 c	0,11±0,03 c	102	0,06±0,02 c	0,062±0,01 c	92	0,28±0,11 e	0,232±0,04 c
128	0,27±0,13 c	0,38±0,23 b	111	0,07±0,01 c	0,07±0,03 c	102	0,17±0,01 e	0,20±0,03 c
141	0,84±0,04 a	0,72±0,19 a	122	0,62±0,06 b	0,42±0,14 b	111	0,15±0,04 e	0,15±0,02 c
152	0,70±0,07 b	0,71±0,10 a	130	0,83±0,09 a	0,73±0,39 a	123	0,61±0,13 d	0,74±0,23 ab
159	0,76±0,07 ab	0,74±0,09 a	139	0,99±0,25 a	0,82±0,12 a	130	0,76±0,09 cd	0,85±0,15 a
165	0,82±0,03 a	0,72±0,10 a	150	0,94±0,06 a	0,95±0,04 a	137	0,86±0,20 bc	0,89±0,05 a
						144	0,94±0,15 b	0,63±0,07 b
						151	1,20±0,13 a	0,89±0,11 a
						158	1,29±0,08 a	0,90±0,16 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 67 - Evolución de la densidad óptica a 420 nm en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
120	0.32±0.09 c	0.26±0.04 b	102	0.22±0.06 c	0.23±0.05 b	92	0.64±0.07 de	0.59±0.09 c
128	0.44±0.26 c	0.88±0.45 a	111	0.17±0.02 c	0.23±0.06 b	102	0.47±0.03 c	0.53±0.09 c
141	1.36±0.13 a	1.21±0.33 a	122	0.90±0.15 b	0.66±0.22 b	111	0.34±0.06 c	0.38±0.08 c
152	1.04±0.14 b	1.05±0.28 a	130	1.36±0.25 a	1.29±0.87 a	123	0.82±0.35 cd	1.19±0.40 b
159	1.13±0.15 ab	1.10±0.30 a	139	1.66±0.61 a	1.44±0.18 a	130	0.92±0.23 bcd	1.26±0.29 b
165	1.29±0.16 a	1.19±0.34 a	150	1.74±0.10 a	1.84±0.13 a	137	0.85±0.21 cd	1.63±0.22 a
						144	1.02±0.27 bc	1.01±0.17 b
						151	1.20±0.13 ab	1.21±0.06 b
						158	1.40±0.31 a	1.26±0.20 b

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0.05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 68.- Evolución de la intensidad colorante ($D_{520}+D_{420}$) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
120	0,48±0,18 c	0,36±0,06 b	102	0,27±0,08 c	0,29±0,06 b	92	0,92±0,17 d	0,83±0,14 d
128	0,71±0,39 c	1,26±0,68 a	111	0,24±0,02 c	0,31±0,09 b	102	0,64±0,04 d	0,73±0,12 d
141	2,20±0,18 a	1,93±0,51 a	122	1,52±0,18 b	1,08±0,36 b	111	0,49±0,10 d	0,53±0,10 d
152	1,73±0,19 b	1,76±0,37 a	130	2,19±0,34 a	2,02±1,26 a	123	1,43±0,46 c	1,93±0,63 bc
159	1,89±0,21 ab	1,84±0,39 a	139	2,66±0,86 a	2,26±0,30 a	130	1,68±0,30 bc	2,12±0,40 ab
165	2,11±0,18 a	1,91±0,43 a	150	2,68±0,15 a	2,79±0,17 a	137	1,71±0,39 bc	2,52±0,24 a
						144	1,96±0,41 b	1,64±0,20 c
						151	2,41±0,13 a	2,09±0,15 ab
						158	2,70±0,37 a	2,17±0,33 ab

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 69.- Evolución de la tonalidad colorante (D_{420}/D_{520}) del mosto de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
120	2.08±0.40 a	2.50±0.52 a	102	3.72±0.27 a	3.72±0.32 a	92	2.46±0.58 a	2.58±0.15 a
128	1.60±0.23 b	2.65±0.80 a	111	2.50±0.68 b	3.36±0.55 a	102	2.77±0.04 a	2.70±0.08 a
141	1.62±0.08 b	1.69±0.11 b	122	1.45±0.21 c	1.58±0.15 b	111	2.36±0.32 a	2.53±0.24 a
152	1.49±0.15 b	1.48±0.23 b	130	1.62±0.12 c	1.68±0.23 b	123	1.33±0.33 b	1.60±0.13 bc
159	1.49±0.10 b	1.48±0.27 b	139	1.64±0.18 c	1.76±0.05 b	130	1.20±0.25 b	1.49±0.28 c
165	1.58±0.15 bc	1.62±0.25 b	150	1.85±0.09 c	1.94±0.07 b	137	0.99±0.14 b	1.83±0.22 b
						144	1.07±0.15 b	1.62±0.28 bc
						151	1.01±0.20 b	1.38±0.16 c
						158	1.08±0.19 b	1.41±0.17 c

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0.05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 70.- Evolución de los polifenoles totales (mg/L de ácido gálico) del mosto de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
120	1398,30±346,42 a	1600,85±288,24 a	83	6338,53±1273,6 a	6148,57±1613,8 a	102	1990,93±203,16 a	2080,68±327,83 a
128	832,30±186,70 b	781,64±168,02 b	93	1558,68±501,76 b	1722,17±315,81 b	111	1652,60±360,73 b	1716,30±279,12 b
141	573,94±68,53 c	529,05±108,36 c	102	1338,35±124,19 bc	1419,40±76,17 bc	123	824,55±172,00 c	764,28±161,64 c
152	493,23±47,98 c	497,60±57,46 c	111	1619,98±424,36 b	1290,70±132,10 bcd	130	768,85±133,42 cd	665,28±203,16 cd
159	438,48±70,91 c	451,63±36,05 c	122	793,95±169,06 cd	947,10±106,10 bcde	137	649,25±163,04 cd	446,63±108,90 cd
165	458,18±22,63 c	313,68±50,84 c	130	629,95±98,75 cd	635,20±279,24 cde	144	488,10±50,11 e	337,63±62,21 d
			139	455,10±37,465 d	471,73±44,80 de	151	538,73±71,70 de	389,10±124,28 d
			150	548,18±110,11 d	377,87±86,66 e	158	527,20±111,34 de	423,63±124,05 d

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 71.- Evolución de antocianos totales (mg/L de cloruro de malvidina-3-glucósido) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
128	3,92±1,29 b	4,56±3,00 b	122	13,63±2,11 a	6,40±1,87 b	123	4,95±1,07 d	3,92±2,08 c
141	12,79±3,67 a	11,49±3,32 ab	130	14,80±5,92 a	8,56±1,20 ab	130	13,76±5,50 cd	15,38±12,56 abc
152	16,28±3,39 a	12,01±6,16 ab	139	21,21±7,14 a	10,54±3,30 a	137	31,76±10,36 b	12,14±7,62 bc
159	16,74±1,55 a	13,31±5,50 a	150	12,98±5,74 a	7,61±0,45 ab	144	28,07±2,91 bc	8,19±6,30 c
165	15,12±4,21 a	12,14±6,84 ab				151	50,15±20,02 a	23,86±10,43 ab
						158	53,20±17,13 a	28,07±11,74 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 72.- Evolución de los taninos totales (mg/L de catequina) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1990			1991			1992		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
128	570,50±51,10 d	516,00±27,76 c	111	411,50±31,17 d	451,77±72,68 c	123	590,00±78,30 b	582,00±36,62 c
141	677,00±18,37 c	612,00±57,85 b	122	670,50±48,26 c	505,00±43,84 c	130	608,00±34,14 b	662,00±93,31 c
152	827,50±44,58 b	818,00±23,15 a	130	745,00±77,64 bc	640,00±33,29 b	137	762,50±33,48 a	668,00±65,44 bc
159	855,00±17,17 b	819,00±52,22 a	139	779,00±17,47 b	676,67±41,68 b	144	783,00±53,98 a	757,00±55,67 ab
165	946,50±85,05 a	836,50±33,48 a	150	875,50±59,94 b	833,33±51,59 a	151	834,50±57,84 a	797,00±66,26 a
						158	834,00±78,54 a	791,00±52,22 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 73.- Valores de los distintos parámetros analizados en el mosto de bayas de la variedad Tempranillo a 20°Brix¹.

	1990		1991		1992	
	VASO	ESPALDERA	VASO	ESPALDERA	VASO	ESPALDERA
Peso (100 bayas)	160,51±8,92	153,65±3,74	146,59±11,96	145,78±5,67	132,44±4,71	140,93±7,80
Glucosa (g/L)	90,11±6,90	90,53±2,84	95,76±1,30	99,78±7,55	99,41±3,84	99,17±6,54
Fructosa (g/L)	89,96±6,92	90,52±2,97	101,41±1,09	110,80±4,29	100,25±3,39	100,76±7,19
Glucosa/Fructosa	1,00±0,00	1,00±0,00	0,94±0,00	0,90±0,04	0,99±0,01	0,98±0,01
pH	3,28±0,06	3,25±0,07	3,34±0,09	3,42±0,09	3,13±0,07	3,24±0,14
Acidez Total (g/L)	8,23±0,67	7,96±0,09	7,66±0,23	6,63±0,06	8,69±0,38	7,02±0,59
Tartárico (g/L)	6,61±0,11	6,79±0,10	5,87±0,35	5,36±0,14	5,82±0,11	5,32±5,82
Málico (g/L)	4,78±0,18	4,59±0,34	4,16±0,22	3,01±0,14	4,49±0,25	3,06±0,47
Cítrico (g/L)	0,30±0,08	0,24±0,02	0,23±0,01	0,21±0,01	0,18±0,00	0,16±0,02
Tartárico/Málico	1,39±0,05	1,48±0,11	1,41±0,12	1,78±0,08	1,30±0,09	1,77±0,24
Tartárico/Acidez	0,57±0,00	0,58±0,02	0,58±0,02	0,63±0,02	0,55±0,02	0,62±0,03
Azúcares/Acidez	15,41±1,09	15,58±0,50	19,17±0,98	24,40±1,00	19,07±1,07	23,60±3,16
°Brix/Acidez Total	2,44±0,21	2,51±0,03	2,61±0,08	3,02±0,09	2,31±0,10	2,89±0,42
Potasio (g/L)	1,63±0,09	1,62±0,15	1,36±0,11	1,30±0,10	1,67±0,04	1,45±0,00
Calcio (mg/L)	43,12±6,09	50,90±6,35	48,43±3,61	54,00±2,00	57,50±7,64	50,60±5,65
Magnesio (mg/L)	67,76±2,25	83,38±8,23	62,23±2,00	69,33±7,02	74,86±3,18	81,75±3,10
Sodio (mg/L)	9,39±1,01	12,25±3,06	11,85±4,20	11,33±1,53	2,84±0,83	5,50±0,58
Prolina (mg/L)	228,62±27,75	228,58±27,13	176,44±25,76	162,91±34,79	303,01±30,92	185,40±31,18
D ₅₂₀	0,78±0,05	0,71±0,12	0,88±0,13	0,82±0,12	0,90±0,10	0,63±0,07
D ₄₂₀	1,22±0,13	1,12±0,28	1,45±0,34	1,44±0,18	0,91±0,13	1,01±0,17
Intensidad	1,99±0,18	1,83±0,39	2,32±0,47	2,26±0,30	1,80±0,21	1,64±0,20
Tonalidad	1,57±0,10	1,56±0,18	1,63±0,14	1,76±0,05	1,02±0,11	1,62±0,28
Polifenoles Totales (mg/L)	546,50±62,10	509,93±55,17	578,66±74,61	471,73±44,8	594,18±104,1	377,63±62,21
Antocianos Totales (mg/L)	14,36±2,61	11,81±4,05	16,67±5,17	10,54±3,30	30,50±6,89	8,19±6,30
Taninos Totales (mg/L)	744,76±29,24	748,74±32,81	754,98±57,33	676,67±41,68	769,51±40,25	757,50±55,67

¹Valores medios±desviación estándar (n=4).

Tabla 74.- Valores de los distintos parámetros analizados en el mosto de bayas de la variedad Tempranillo en la fecha de vendimia¹.

	1990		1991		1992	
	VASO	ESPALDERA	VASO	ESPALDERA	VASO	ESPALDERA
Peso (100 bayas)	188,09±6,73	180,44±11,08	170,35±15,21	153,28±11,01	145,83±11,48	159,18±6,31
°Brix	23,22±0,56	22,36±0,22	22,74±0,58	21,58±0,68	23,78±0,59	22,49±1,06
Glucosa (g/L)	117,47±13,09	110,60±6,01	117,20±2,70	109,86±4,08	118,58±3,43	112,07±7,32
Fructosa (g/L)	119,51±12,69	112,71±6,21	127,62±3,21	119,90±3,43	121,76±3,34	115,53±6,77
Glucosa/Fructosa	0,98±0,01	0,98±0,00	0,92±0,00	0,92±0,01	0,97±0,01	0,97±0,01
pH	3,57±0,06	3,59±0,08	3,26±0,08	3,10±0,05	3,45±0,03	3,42±0,07
Acidez Total (g/L)	4,73±0,40	4,84±0,33	5,15±0,17	5,30±0,00	6,33±0,33	5,45±0,38
Tartárico (g/L)	6,17±0,19	5,97±0,13	4,68±0,58	4,03±1,08	5,12±0,36	4,92±0,09
Málico (g/L)	2,90±0,29	2,82±0,35	2,17±0,07	1,84±0,21	2,94±0,07	2,14±0,17
Cítrico (g/L)	0,25±0,06	0,23±0,04	0,22±0,02	0,19±0,01	0,16±0,01	0,15±0,00
Tartárico/Málico	2,14±0,15	2,14±0,21	2,16±0,30	2,22±0,71	1,74±0,15	2,31±0,16
Tartárico/Acidez	0,66±0,01	0,66±0,02	0,66±0,03	0,66±0,08	0,62±0,02	0,68±0,01
Azúcares/Acidez	25,42±2,78	24,81±2,12	34,75±1,98	38,55±5,93	29,28±0,86	31,61±2,83
°Brix/Acidez Total	4,93±0,39	4,63±0,27	4,42±0,12	4,07±0,13	3,76±0,16	4,15±0,42
Potasio (g/L)	2,47±0,26	2,05±0,60	1,49±0,11	1,37±0,26	2,09±0,13	1,77±0,11
Calcio (mg/L)	36,00±2,83	40,50±4,12	37,50±5,51	45,33±11,37	55,65±12,12	50,90±8,81
Magnesio (mg/L)	83,53±3,15	86,63±2,87	69,50±1,91	71,33±4,16	82,75±5,32	76,50±5,00
Sodio (mg/L)	3,25±0,50	4,50±0,58	7,25±1,71	5,33±3,21	7,10±2,95	8,68±1,23
Prolina (mg/L)	399,08±66,16	356,49±88,42	305,15±46,10	196,38±17,94	504,42±60,45	368,66±22,27
D ₅₂₀	0,82±0,03	0,72±0,10	0,94±0,06	0,95±0,04	1,29±0,08	0,90±0,16
D ₄₂₀	1,29±0,16	1,19±0,34	1,74±0,10	1,84±0,13	1,40±0,31	1,26±0,20
Intensidad	2,11±0,18	1,91±0,43	2,68±0,15	2,79±0,17	2,69±0,37	2,17±0,33
Tonalidad	1,58±0,15	1,62±0,25	1,85±0,09	1,94±0,07	1,18±0,19	1,41±0,17
Polifenoles Totales (mg/L)	458,18±22,63	313,68±50,84	548,18±110,1	377,87±86,66	527,20±111,3	423,63±124,1
Antocianos Totales (mg/L)	15,12±4,21	12,14±6,84	12,98±5,74	7,61±0,45	53,20±17,13	28,07±11,74
Taninos Totales (mg/L)	946,50±85,05	836,50±33,48	875,50±59,94	833,33±51,59	834,00±78,54	791,00±52,22

¹Valores medios±desviación estándar (n=4).

Tabla 75.- Evolución del peso (g/10 bayas) de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	9,55±0,38 c	11,55±1,78 c	129	10,42±0,47 d	11,09±0,52 c
130	9,89±0,67 c	13,89±1,27 b	136	13,38±1,18 c	15,71±1,24 b
137	13,75±0,40 ab	13,26±0,53 b	143	17,09±1,49 b	15,46±1,39 b
144	12,82±0,72 b	13,42±0,85 b	150	18,58±1,52 ab	20,36±1,72 a
151	13,83±1,51 ab	15,81±0,86 a	157	19,00±1,84 ab	20,58±1,43 a
158	14,90±1,40 a	14,78±0,75 ab	164	20,20±2,82 a	21,08±1,11 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 76.- Evolución del peso de los hollejos (g/100 bayas) de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	17.48±1.84 d	19.90±1.95 b	129	16.48±1.70 c	17.45±1.94 d
130	17.00±1.07 d	27.38±1.60 a	136	20.50±1.22 c	24.47±4.31 c
137	23.80±0.88 c	27.75±2.25 a	143	25.63±1.60 c	28.53±4.31 c
144	23.90±1.63 c	24.93±3.95 a	150	38.48±9.71 b	42.10±7.17 b
151	27.18±1.74 b	27.05±0.93 a	157	41.25±11.03 b	40.25±4.58 b
158	32.45±4.16 a	26.93±2.86 a	164	51.95±6.76 a	56.28±0.63 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 77.- Evolución de la relación pulpa/hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	4,52±0,69 ab	4,78±0,36 a	129	5,37±0,61 a	5,41±0,67 a
130	4,83±0,52 a	4,07±0,35 bc	136	5,55±0,78 a	5,51±0,77 a
137	4,78±0,31 ab	3,79±0,29 c	143	5,71±0,93 a	4,47±0,58 b
144	4,39±0,60 ab	4,46±0,71 c	150	3,99±0,87 b	3,90±0,49 b
151	4,08±0,29 bc	4,85±0,28 ab	157	3,88±0,87 b	4,16±0,62 b
158	3,62±0,45 c	4,76±0,54 a	164	2,89±0,30 b	2,74±0,18 c

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 78.- Evolución de la densidad óptica a 520 nm de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	0,01±0,00 f	0,03±0,01 e	129	0,02±0,00 e	0,02±0,00 e
130	0,03±0,00 e	0,04±0,01 e	136	0,03±0,01 e	0,03±0,01 e
137	0,08±0,02 d	0,07±0,01 d	143	0,09±0,02 d	0,08±0,02 d
144	0,12±0,02 c	0,09±0,00 c	150	0,14±0,02 c	0,16±0,03 c
151	0,15±0,01 b	0,11±0,01 b	157	0,17±0,03 b	0,20±0,01 b
158	0,17±0,03 a	0,14±0,02 a	164	0,21±0,02 a	0,22±0,02 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 79.- Evolución de la densidad óptica a 420 nm de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	0,01±0,00 c	0,01±0,01 c	129	0,02±0,00 d	0,02±0,00 d
130	0,01±0,00 c	0,01±0,00 c	136	0,02±0,00 d	0,03±0,00 d
137	0,04±0,01 b	0,04±0,01 ab	143	0,05±0,00 c	0,04±0,01 c
144	0,04±0,01 b	0,04±0,00 b	150	0,06±0,01 bc	0,06±0,01 b
151	0,05±0,00 ab	0,04±0,01 ab	157	0,07±0,01 ab	0,08±0,01 a
158	0,07±0,01 a	0,05±0,00 a	164	0,08±0,01 a	0,09±0,00 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 80.- Evolución de la intensidad colorante ($D_{520}+D_{420}$) en los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	0,02±0,00 d	0,04±0,02 d	129	0,04±0,00 d	0,03±0,01 d
130	0,04±0,01 d	0,05±0,02 d	136	0,05±0,01 d	0,05±0,01 d
137	0,13±0,03 c	0,11±0,02 c	143	0,14±0,02 c	0,12±0,02 c
144	0,16±0,02 bc	0,12±0,01 c	150	0,21±0,03 b	0,22±0,04 b
151	0,20±0,02 ab	0,16±0,02 b	157	0,24±0,03 b	0,28±0,02 a
158	0,24±0,04 a	0,19±0,02 a	164	0,29±0,02 a	0,30±0,02 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 81.- Evolución de la tonalidad colorante (D_{420}/D_{520}) de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	0,82±0,18 a	0,57±0,07 b	129	1,15±0,15 a	1,25±0,14 a
130	0,36±0,02 c	0,35±0,02 d	136	0,86±0,18 b	0,88±0,07 b
137	0,49±0,04 b	0,64±0,05 a	143	0,53±0,11 c	0,55±0,05 c
144	0,38±0,01 bc	0,42±0,02 c	150	0,43±0,04 c	0,42±0,02 d
151	0,35±0,01 c	0,37±0,02 cd	157	0,42±0,02 c	0,40±0,01 d
158	0,38±0,02 bc	0,39±0,02 cd	164	0,39±0,00 c	0,40±0,02 d

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 82.- Evolución de los polifenoles totales (mg de ácido gálico/100g de bayas) de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	170,30±17,22 c	143,46±19,75 e	129	283,67±21,62 c	232,23±14,63 c
130	241,08±16,34 b	205,17±25,04 cd	136	295,72±18,80 bc	228,43±21,62 c
137	227,78±14,11 b	191,44±38,02 d	143	311,75±8,73 ab	288,96±22,44 b
144	253,81±55,75 b	240,27±33,17 bc	150	323,75±8,20 a	302,68±20,57 ab
151	318,13±15,75 a	257,99±18,21 b	157	322,64±17,14 a	307,77±12,91 ab
158	317,49±27,45 a	309,14±12,88 a	164	317,92±21,21 ab	315,95±10,94 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 83.- Evolución de densidad óptica a 280 nm en los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	0,08±0,01 d	0,10±0,03 d	129	0,11±0,01 c	0,10±0,01 d
130	0,07±0,01 d	0,010±0,02 d	136	0,16±0,02 c	0,15±0,02 d
137	0,19±0,03 c	0,18±0,02 c	143	0,24±0,02 b	0,20±0,02 c
144	0,21±0,02 bc	0,18±0,01 c	150	0,29±0,03 a	0,31±0,04 b
151	0,25±0,02 ab	0,23±0,01 b	157	0,31±0,04 a	0,33±0,03 ab
158	0,28±0,05 a	0,25±0,01 a	164	0,34±0,03 a	0,36±0,02 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 84.- Evolución de los antocianos totales de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	20,82±2,47 c	33,69±9,68 d	129	17,87±4,97 d	14,78±10,76 d
130	52,92±7,88 d	52,94±9,70 d	136	25,26±8,09 d	19,01±4,10 d
137	96,37±19,94 c	73,17±17,74 c	143	72,26±17,92 c	66,02±18,41 c
144	138,20±21,41 b	99,78±11,96 b	150	110,14±15,08 b	105,84±16,51 b
151	162,94±21,42 a	107,25±10,32 b	157	124,47±12,04 ab	126,42±3,96 a
158	164,60±15,61 a	141,14±18,49 a	164	132,95±10,74 a	139,17±13,16 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 85. - Evolución de los taninos totales (mg de catequina/100g de bayas) de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	128,80±5,47 b	109,34±13,26 c	129	80,36±3,82 a	67,88±1,02 c
130	133,50±8,59 b	112,04±24,79 c	136	74,87±2,17 a	64,94±4,03 c
137	178,42±12,52 a	185,02±8,71 a	143	76,03±4,20 a	79,34±2,03 a
144	194,99±9,57 a	183,43±8,40 a	150	79,22±4,51 a	77,35±4,03 ab
151	190,24±17,84 a	161,65±8,29 b	157	77,82±2,24 a	74,80±1,32 b
158	179,39±11,75 a	185,16±8,14 a	164	73,82±7,95 a	75,19±3,51 ab

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 86.- Evolución de la delfinidina de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	8,58±1,32 c	9,43±3,72 c	129	2,99±1,53 c	2,67±2,38 d
130	18,43±2,17 bc	11,10±3,29 c	136	3,59±1,46 c	2,29±0,81 d
137	27,55±6,33 b	14,34±5,72 c	143	21,14±7,72 b	17,23±4,79 c
144	50,39±11,32 a	24,52±4,12 b	150	30,59±4,99 ab	29,81±6,32 b
151	56,20±8,38 a	26,13±3,85 b	157	36,26±8,89 a	38,09±4,22 a
158	48,36±5,67 a	35,73±6,88 a	164	39,33±8,90 a	37,01±0,75 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 87.- Evolución de la cianidina de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	2,39±0,25 d	1,43±0,67 b	129	0,53±0,41 b	0,36±0,41 c
130	4,16±0,60 cd	1,41±0,50 b	136	0,41±0,16 b	0,20±0,10 c
137	5,49±1,50 bc	1,61±0,74 b	143	3,02±1,61 a	2,36±0,68 b
144	8,17±3,09 ab	1,99±0,40 b	150	3,72±1,37 a	3,57±1,22 a
151	8,69±2,22 a	2,23±0,49 b	157	4,66±2,30 a	4,31±0,96 a
158	6,90±1,76 ab	3,22±0,71 a	164	4,47±2,14 a	4,19±0,49 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 88.- Evolución de la petunidina de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	5,27±0,96 d	7,05±2,67 c	129	2,14±1,06 d	2,18±1,92 d
130	11,94±1,42 c	8,84±2,35 c	136	3,11±1,15 d	2,20±0,64 d
137	19,71±4,32 b	11,44±4,33 c	143	15,03±4,87 c	12,86±3,54 c
144	33,74±6,49 a	18,79±3,14 b	150	22,16±3,00 b	21,83±4,06 b
151	38,28±4,90 a	20,14±2,84 b	157	25,59±4,96 ab	27,39±2,38 a
158	33,77±3,21 a	26,38±4,58 a	164	28,15±4,66 a	26,70±0,56 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 89.- Evolución de la peonidina de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	3,01±0,37 c	2,83±1,17 c	129	0,84±0,52 c	0,88±0,85 d
130	5,75±0,70 bc	3,39±0,86 c	136	1,08±0,33 c	0,81±0,16 d
137	9,60±2,65 b	4,23±1,74 c	143	5,47±2,21 b	4,90±1,29 c
144	16,15±4,41 a	6,10±1,00 b	150	8,22±1,78 ab	8,14±1,61 b
151	17,07±3,54 a	7,10±1,25 b	157	9,71±3,05 a	10,22±1,16 a
158	15,20±2,56 a	9,04±1,25 a	164	10,17±2,53 a	10,26±0,87 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 90.- Evolución de la malvidina de los hollejos de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción (mg de cloruro de malvidina-3glucósido/100g de bayas)¹.

1992			1993		
FECHA ²	VASO	ESPALDERA	FECHA ²	VASO	ESPALDERA
123	10,15±2,19 c	19,16±6,22 d	129	5,13±2,08 e	6,96±5,61 d
130	24,52±3,73 d	28,56±5,08 cd	136	10,78±3,48 e	9,36±1,85 d
137	49,25±9,70 c	38,69±12,10 c	143	38,43±10,25 d	37,01±11,89 c
144	83,47±10,01 b	61,69±7,87 b	150	66,35±7,59 c	66,48±10,24 b
151	102,86±11,50 a	70,99±5,45 b	157	76,47±8,81 b	84,55±2,12 a
158	95,95±5,49 a	85,51±12,13 a	164	87,38±3,43 a	86,90±7,05 a

¹Valores medios±desviación estándar (n=4). Los valores que dentro de la misma columna poseen la misma letra no presentan diferencias significativas entre si ($\alpha=0,05$). El test que se aplicó fue el de Duncan.

²Días después del desborre.

Tabla 91.- Valores de los distintos parámetros analizados en el hollejo de bayas de la variedad Tempranillo a 20°Brix, sometidos a distintos sistemas de conducción¹.

	1992		1993	
	VASO	ESPALDERA	VASO	ESPALDERA
Peso (g/100 bayas)	132,44±4,71	140,93±7,80	185,80±15,16	203,63±17,20
Hollejos (g/100 bayas)	24,05±3,01	24,93±3,95	38,48±9,71	42,10±7,17
D ₅₂₀	0,10±0,02	0,09±0,00	0,14±0,02	0,14±0,03
D ₄₂₀	0,04±0,01	0,04±0,00	0,06±0,01	0,06±0,01
Intensidad	0,14±0,02	0,12±0,01	0,21±0,03	0,19±0,03
Tonalidad	0,44±0,02	0,42±0,02	0,43±0,04	0,46±0,03
Polifenoles Totales (mg/100g)	236,68±11,3	240,27±33,2	323,75±8,2	298,76±20,1
D ₂₈₀	0,20±0,02	0,18±0,01	0,29±0,03	0,28±0,03
Antocianos Totales (mg/100g)	110,67±15,88	99,78±11,96	110,14±15,08	94,46±15,53
Taninos Totales (mg/100g)	184,09±8,01	183,43±8,40	79,22±4,51	77,92±3,30
Delfinidina (mg/100g)	35,35±7,28	24,52±4,12	30,59±4,99	26,22±5,22
Cianidina (mg/100g)	6,41±2,00	1,99±0,40	3,72±1,37	3,22±0,89
Petunidina (mg/100g)	24,50±4,53	18,79±3,14	22,16±3,00	19,27±3,42
Peonidina (mg/100g)	11,84±2,88	6,10±1,00	8,22±1,78	7,22±1,23
Malvidina (mg/100g)	60,94±7,96	61,69±7,87	66,34±7,59	58,06±9,65

¹Valores medios±desviación estándar (n=4).

Tabla 92.- Valores de los distintos parámetros analizados en los hollejos de bayas de la variedad Tempranillo en la fecha de la vendimia, sometidos a distintos sistemas de conducción¹.

	1992		1993	
	VASO	ESPALDERA	VASO	ESPALDERA
Peso (g/100 bayas)	145,83±11,48	159,18±6,31	201,95±28,15	210,75±11,12
Hollejos (g/100 bayas)	32,45±4,16	26,93±2,86	51,95±6,76	56,28±0,63
D₅₂₀	0,17±0,03	0,14±0,02	0,21±0,02	0,22±0,02
D₄₂₀	0,07±0,01	0,05±0,00	0,08±0,01	0,09±0,00
Intensidad	0,24±0,04	0,19±0,02	0,29±0,02	0,30±0,02
Tonalidad	0,38±0,02	0,39±0,02	0,39±0,00	0,40±0,02
Polifenoles Totales (mg/100g)	317,49±27,45	309,14±12,88	317,92±21,21	315,95±10,94
D₂₈₀	0,28±0,05	0,25±0,01	0,34±0,03	0,36±0,02
Antocianos Totales (mg/100g)	164,60±15,61	141,14±18,49	132,95±10,74	139,17±13,16
Taninos Totales (mg/100g)	179,39±11,75	185,16±8,14	73,82±7±95	75,19±3,51
Delfinidina (mg/100g)	48,36±5,67	35,73±6,88	39,33±8,90	37,01±0,75
Cianidina (mg/100g)	6,90±1,76	3,22±0,71	4,47±2,14	4,19±0,49
Petunidina (mg/100g)	33,77±3,21	26,38±4,58	28,15±4,66	26,70±0,56
Peonidina (mg/100g)	15,20±2,56	9,04±1,25	10,17±2,53	10,26±0,87
Malvidina (mg/100g)	95,95±5,49	85,51±12,13	87,38±3,43	86,90±7,05

¹ Valores medios±desviación estándar (n=4).

Tabla 93.- Niveles de significación del valor del peso de 100 bayas, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
102	ns	**	83	*	ns	92	**	ns
107	*	ns	93	**	ns	102	**	*
120	**	ns	102	**	**	111	**	ns
128	**	ns	111	*	ns	123	**	*
141	**	ns	122	*	*	130	**	*
152	**	**	130	*	*	137	**	ns
159	**	**	139	**	ns	144	**	ns
165	**	ns	150	**	ns	151	**	**
						158	**	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 94.- Niveles de significación del valor del °Brix en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
102	**	*	83	**	ns	92	**	ns
107	*	ns	93	*	ns	102	**	ns
120	*	ns	102	*	*	111	ns	ns
128	**	ns	111	*	**	123	ns	ns
141	*	ns	122	ns	**	130	*	ns
152	**	ns	130	ns	*	137	*	*
159	**	ns	139	ns	ns	144	ns	ns
165	**	*	150	*	ns	151	ns	**
						158	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 95.- Niveles de significación del valor de la glucosa en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	*	ns	83	*	ns	92	**	**
120	**	ns	93	ns	ns	102	**	**
128	*	ns	102	ns	*	111	ns	ns
141	ns	ns	111	ns	*	123	ns	ns
152	**	ns	122	ns	**	130	ns	ns
159	ns	*	130	ns	**	137	ns	ns
165	**	ns	139	ns	ns	144	ns	ns
			150	**	*	151	ns	ns
						158	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 96.- Niveles de significación del valor de la fructosa en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	**	ns	83	*	ns	92	**	ns
120	**	ns	93	ns	ns	102	**	**
128	*	ns	102	ns	*	111	ns	ns
141	ns	ns	111	ns	*	123	ns	ns
152	**	ns	122	ns	**	130	*	ns
159	ns	*	130	ns	**	137	ns	ns
165	**	ns	139	*	ns	144	ns	ns
			150	**	*	151	ns	ns
						158	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 97.- Niveles de significación del valor de la relación glucosa/fructosa en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	*	ns	83	**	*	92	**	*
120	**	*	93	ns	ns	102	**	**
128	ns	ns	102	**	ns	111	ns	**
141	**	ns	111	ns	ns	123	ns	**
152	ns	ns	122	**	ns	130	*	ns
159	ns	*	130	ns	ns	137	ns	ns
165	*	ns	139	ns	ns	144	ns	*
			150	ns	ns	151	ns	ns
						158	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01

²Días después del desborre

Tabla 98.- Niveles de significación del valor del pH en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
102	ns	ns	83	*	ns	92	**	*
107	ns	ns	93	ns	ns	102	ns	ns
120	ns	ns	102	*	ns	111	**	ns
128	ns	ns	111	ns	ns	123	**	ns
141	ns	ns	122	**	**	130	**	ns
152	ns	ns	130	*	*	137	**	ns
159	ns	ns	139	ns	ns	144	*	ns
165	ns	ns	150	*	*	151	**	ns
						158	**	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 99.- Niveles de significación del valor de la acidez total en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
102	**	ns	83	ns	ns	92	ns	ns
107	*	ns	93	ns	ns	102	ns	ns
120	ns	ns	102	ns	*	111	ns	ns
128	ns	ns	111	ns	ns	123	*	**
141	**	ns	122	ns	*	130	**	*
152	*	ns	130	*	**	137	**	*
159	ns	ns	139	ns	ns	144	**	ns
165	*	ns	150	*	ns	151	**	**
						158	**	**

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre

Tabla 100.- Niveles de significación del valor del ácido tartárico en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	*	ns	83	ns	ns	92	ns	ns
120	**	ns	93	ns	*	102	**	ns
128	**	ns	102	ns	ns	111	**	ns
141	*	*	111	ns	ns	123	ns	ns
152	*	ns	122	ns	**	130	ns	ns
159	*	ns	130	ns	ns	137	ns	*
165	*	ns	139	*	ns	144	ns	*
			150	ns	ns	151	ns	ns
						158	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 101.- Niveles de significación del valor del ácido málico en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	ns	ns	83	*	ns	92	ns	ns
120	ns	ns	93	ns	ns	102	**	ns
128	ns	ns	102	ns	ns	111	**	ns
141	**	ns	111	ns	ns	123	**	*
152	**	ns	122	*	ns	130	**	**
159	**	ns	130	*	ns	137	**	**
165	**	ns	139	ns	ns	144	**	**
			150	ns	*	151	**	**
						158	**	**

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01

²Días despues del desborre.

Tabla 102.- Niveles de significación del valor del ácido cítrico en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	ns	ns	93	ns	ns	92	*	ns
120	*	ns	102	ns	*	102	ns	*
128	ns	ns	111	ns	ns	111	ns	ns
141	ns	ns	122	ns	ns	123	ns	**
152	*	ns	130	ns	**	130	ns	ns
159	*	ns	139	ns	ns	137	**	**
165	*	ns	150	ns	*	144	*	ns
						151	*	ns
						158	**	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 103.- Niveles de significación del valor de la relación tartárico/málico en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	**	ns	83	*	ns	92	*	ns
120	**	ns	93	ns	ns	102	**	ns
128	**	ns	102	ns	ns	111	**	ns
141	**	ns	111	ns	ns	123	**	*
152	**	ns	122	ns	*	130	**	*
159	**	ns	130	*	ns	137	**	**
165	**	ns	139	ns	ns	144	**	*
			150	ns	ns	151	**	ns
						158	**	**

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 104.- Niveles de significación del valor de la relación tartárico/acidez en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	**	ns	83	*	ns	92	*	*
120	**	ns	93	ns	ns	102	**	ns
128	**	ns	102	ns	ns	111	**	ns
141	**	ns	111	ns	ns	123	**	**
152	**	ns	122	ns	*	130	**	*
159	**	ns	130	*	ns	137	**	*
165	**	ns	139	ns	ns	144	**	*
			150	ns	ns	151	**	ns
						158	**	*

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 105.- Niveles de significación del valor de la relación °Brix/acidez en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
102	ns	*	83	**	ns	92	ns	ns
107	*	ns	93	**	*	102	*	*
120	*	ns	102	**	ns	111	ns	ns
128	ns	ns	111	ns	*	123	ns	*
141	ns	ns	122	*	**	130	**	ns
152	*	ns	130	*	**	137	**	ns
159	ns	ns	139	ns	ns	144	**	ns
165	ns	ns	150	ns	*	151	**	ns
						158	**	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 106.- Niveles de significación del valor de la relación azúcares/acidez en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	*	ns	83	ns	ns	92	**	**
120	**	ns	93	ns	ns	102	**	*
128	*	ns	102	ns	ns	111	ns	*
141	ns	ns	111	ns	ns	123	*	*
152	*	ns	122	ns	*	130	**	ns
159	ns	ns	130	ns	**	137	**	ns
165	ns	ns	139	ns	ns	144	*	ns
			150	*	ns	151	ns	ns
						158	*	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 107- Niveles de significación del valor del potasio en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	*	*	83	*	ns	92	ns	ns
120	ns	ns	93	*	ns	102	ns	ns
128	ns	ns	102	**	ns	111	*	ns
141	ns	ns	111	ns	ns	123	*	**
152	ns	ns	122	*	ns	130	ns	ns
159	ns	ns	130	*	ns	137	ns	*
165	*	ns	139	*	ns	144	ns	**
			150	ns	ns	151	ns	ns
						158	ns	*

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 108.- Niveles de significación del valor del calcio en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	**	*	83	ns	*	92	*	ns
120	ns	**	93	**	*	102	**	ns
128	ns	**	102	ns	ns	111	**	ns
141	ns	ns	111	ns	*	123	**	*
152	ns	**	122	*	**	130	*	ns
159	ns	ns	130	ns	**	137	**	ns
165	ns	ns	139	*	ns	144	ns	ns
			150	ns	ns	151	*	ns
						158	**	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 109.- Niveles de significación del valor del magnesio en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	**	*	83	**	ns	102	ns	**
120	ns	*	93	*	ns	111	**	ns
128	ns	*	102	*	ns	123	ns	ns
141	ns	ns	111	**	ns	130	ns	ns
152	**	**	122	ns	ns	137	ns	ns
159	ns	ns	130	**	ns	144	ns	ns
165	ns	ns	139	**	ns	151	ns	**
			150	ns	ns	158	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 110.- Niveles de significación del valor del sodio en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	ns	ns	83	ns	ns	92	ns	ns
120	ns	ns	93	ns	ns	102	ns	ns
128	ns	ns	102	ns	ns	111	**	ns
141	ns	ns	111	**	ns	123	ns	ns
152	ns	ns	122	ns	ns	130	ns	ns
159	**	*	130	ns	ns	137	ns	ns
165	*	*	139	*	ns	144	ns	*
			150	ns	ns	151	ns	ns
						158	**	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 111.- Niveles de significación del valor de la prolina en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
107	**	ns	83	ns	ns	92	*	ns
120	*	ns	93	**	ns	102	ns	ns
128	ns	ns	102	**	ns	111	*	ns
141	*	ns	111	ns	ns	123	**	**
152	**	ns	122	*	*	130	*	*
159	*	ns	130	**	*	137	*	*
165	*	ns	139	ns	ns	144	*	*
			150	ns	*	151	*	*
						158	*	*

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 112.- Niveles de significación del valor de la densidad óptica a 520 nm en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
120	**	ns	102	ns	ns	92		ns
128	ns	ns	111	ns	ns	102	ns	ns
141	*	ns	122	*	*	111	ns	ns
152	ns	ns	130	ns	ns	123	*	ns
159	**	ns	139	ns	ns	130	ns	ns
165	**	ns	150	ns	ns	137	**	ns
						144	**	*
						151	*	*
						158	ns	**

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 113.- Niveles de significación del valor de la densidad óptica a 420 nm en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
120	**	ns	102	ns	ns	92		ns
128	ns	ns	111	ns	ns	102	ns	ns
141	**	ns	122	*	ns	111	ns	ns
152	*	ns	130	ns	ns	123	*	ns
159	**	ns	139	ns	ns	130	*	ns
165	**	ns	150	ns	ns	137	*	**
						144	*	ns
						151	**	ns
						158	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 114.- Niveles de significación del valor de la intensidad colorante ($D_{520}+D_{420}$) en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
120	**	ns	102	ns	ns	92		ns
128	ns	ns	111	ns	ns	102	ns	ns
141	**	ns	122	*	ns	111	ns	ns
152	*	ns	130	ns	ns	123	*	ns
159	**	ns	139	ns	ns	130	*	ns
165	**	ns	150	ns	ns	137	**	*
						144	**	ns
						151	**	*
						158	ns	ns

¹ns=no significativo, *= $p \leq 0,05$, **= $p \leq 0,01$.

²Días después del desborre.

Tabla 115.- Niveles de significación del valor de la tonalidad colorante (D_{420}/D_{520}) en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
120	ns	ns	102	ns	ns	92		ns
128	ns	*	111	ns	ns	102	ns	ns
141	**	ns	122	ns	ns	111	ns	ns
152	**	ns	130	ns	ns	123	ns	ns
159	**	ns	139	ns	ns	130	ns	ns
165	*	ns	150	*	ns	137	ns	**
						144	ns	*
						151	*	*
						158	ns	*

¹ ns=no significativo, *= $p \leq 0,05$, **= $p \leq 0,01$.

² Días después del desborre.

Tabla 116.- Niveles de significación del valor de los polifenoles totales en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
120	ns	ns	83	ns	ns	102	ns	ns
128	ns	ns	93	ns	ns	111	**	ns
141	*	ns	102	ns	ns	123	ns	ns
152	*	ns	111	**	ns	130	ns	ns
159	ns	ns	122	ns	ns	137	ns	ns
165	ns	**	130	ns	ns	144	*	*
			139	ns	ns	151	ns	ns
			150	ns	ns	158	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 117.- Niveles de significación del valor de los antocianos totales en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
128	ns	ns	122	ns	**	123	**	ns
141	**	ns	130	ns	ns	130	ns	ns
152	*	ns	139	ns	ns	137	ns	*
159	ns	ns	150	ns	ns	144	ns	**
165	ns	ns				151	ns	ns
						158	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 118 - Niveles de significación del valor de los taninos totales en el mosto, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano. R=regadio. V=vaso. E=espaldera)

1990			1991			1992		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
128	ns	ns	111	ns	ns	123	ns	ns
141	*	ns	122	ns	*	130	ns	ns
152	**	ns	130	ns	ns	137	ns	*
159	**	ns	139	ns	ns	144	ns	ns
165	**	ns	150	ns	ns	151	ns	ns
						158	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 119.- Distintos niveles de significación¹ de los parámetros analizados en el mosto de bayas de la variedad Tempranillo a 20 °Brix, sometidas a los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

	1990		1991		1992	
	S-R	E-V	S-R	E-V	S-R	E-V
Peso (100 bayas)	**	ns	**	ns	**	ns
Glucosa	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fructosa	ns	ns	ns	**	ns	ns
Glucosa/Fructosa	**	ns	ns	*	ns	ns
pH	**	ns	ns	ns	ns	ns
Acidez Total	**	ns	**	**	**	**
Tartárico	ns	ns	ns	ns	ns	**
Málico	**	ns	**	**	**	**
Cítrico	**	ns	ns	ns	*	*
Tartárico/Málico	**	ns	**	**	**	*
Tartárico/Acidez	**	ns	**	*	**	**
Azúcares/Acidez	**	ns	*	*	*	*
°Brix/Ac. Total	**	ns	**	**	**	*
Potasio	**	ns	ns	ns	ns	**
Calcio	ns	ns	ns	ns	*	ns
Magnesio	ns	*	ns	ns	**	*
Sodio	*	ns	ns	ns	ns	*
Prolina	ns	ns	ns	ns	**	**
D ₅₂₀	**	ns	ns	ns	**	**
D ₄₂₀	**	ns	*	ns	**	ns
Intensidad	**	ns	*	ns	**	ns
Tonalidad	**	ns	ns	ns	ns	**
Polifenoles Tot.	ns	ns	ns	ns	*	*
Antocianos Tot.	*	ns	ns	ns	ns	**
Taninos Tot.	*	ns	ns	ns	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

Tabla 120.- Distintos niveles de significación¹ de los parámetros analizados en el mosto de bayas de la variedad Tempranillo en la fecha de vendimia, sometidas a los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

	1990		1991		1992	
	S-R	E-V	S-R	E-V	S-R	E-V
Peso (100 bayas)	**	ns	**	ns	**	ns
°Brix	**	*	*	ns	ns	ns
Glucosa	**	ns	**	*	ns	ns
Fructosa	**	ns	**	*	ns	ns
Glucosa/Fructosa	*	ns	ns	ns	ns	ns
pH	ns	ns	*	*	**	ns
Acidez Total	*	ns	*	ns	**	**
Tartárico	*	ns	ns	ns	ns	ns
Málico	**	ns	ns	*	**	**
Cítrico	*	ns	ns	*	**	ns
Tartárico/Málico	**	ns	ns	ns	**	**
Tartárico/Acidez	**	ns	ns	ns	**	*
Azúcares/Acidez	ns	ns	*	ns	*	ns
°Brix/Ac. Total	ns	ns	ns	*	**	ns
Potasio	*	ns	ns	ns	ns	*
Calcio	ns	ns	ns	ns	**	ns
Magnesio	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sodio	*	*	ns	ns	**	ns
Prolina	*	ns	ns	*	*	*
D ₅₂₀	**	ns	ns	ns	ns	**
D ₄₂₀	**	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad	**	ns	ns	ns	ns	ns
Tonalidad	*	ns	*	ns	ns	*
Polifenoles Tot.	ns	**	ns	ns	ns	ns
Antocianos Tot.	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Taninos Tot.	**	ns	ns	ns	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

Tabla 121.- Niveles de significación del valor del peso de las bayas, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1992			1993		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
123	**	ns	129	**	ns
130	**	**	136	*	*
137	**	ns	143	*	ns
144	**	ns	150	**	ns
151	**	ns	157	**	ns
158	**	ns	164	**	ns

¹ns=no significativo, *= $p \leq 0,05$, **= $p \leq 0,01$.

²Días después del desborre.

Tabla 122.- Niveles de significación del valor del peso de los hollejos y la relación pulpa/hollejo de las bayas, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

Peso de los hollejos					
1992			1993		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
123	ns	ns	129	ns	ns
130	**	**	136	ns	ns
137	**	*	143	ns	ns
144	*	ns	150	*	ns
151	**	ns	157	*	ns
158	ns	ns	164	**	ns

Relación pulpa/hollejo					
1992			1993		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
123	**	ns	129	*	ns
130	ns	ns	136	*	ns
137	ns	**	143	ns	ns
144	ns	ns	150	*	ns
151	*	**	157	ns	ns
158	ns	*	164	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 123.- Niveles de significación del valor de la densidad óptica a 520 nm y 420 nm en los hollejos de las bayas, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

DO-520					
1992			1993		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
123	ns	*	129	ns	ns
130	ns	ns	136	ns	ns
137	ns	ns	143	ns	ns
144	ns	*	150	**	ns
151	*	**	157	**	ns
158	ns	ns	164	*	ns

DO-420					
1992			1993		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
123	ns	ns	129	ns	ns
130	ns	ns	136	ns	ns
137	ns	ns	143	ns	ns
144	ns	*	150	**	ns
151	*	*	157	**	ns
158	ns	ns	164	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 124.- Niveles de significación del valor de la intensidad colorante ($D_{520}+D_{420}$) y tonalidad colorante (D_{420}/D_{520}) en los hollejos de las bayas, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

Intensidad colorante					
1992			1993		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
123	ns	ns	129	ns	ns
130	ns	ns	136	ns	ns
137	ns	ns	143	ns	ns
144	ns	*	150	**	ns
151	*	**	157	**	ns
158	ns	ns	164	*	ns

Tonalidad colorante					
1992			1993		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
123	ns	*	129	ns	ns
130	ns	ns	136	*	ns
137	ns	**	143	ns	ns
144	ns	*	150	*	ns
151	ns	ns	157	**	ns
158	ns	ns	164	*	ns

¹ns=no significativo, *= $p \leq 0,05$, **= $p \leq 0,01$.

²Días después del desborre.

Tabla 125.- Niveles de significación del valor de los polifenoles totales y la densidad óptica a 280 nm en los hollejos de las bayas, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

Polifenoles totales					
1992			1993		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
123	**	ns	129	**	**
130	**	ns	136	**	**
137	ns	ns	143	*	ns
144	**	ns	150	**	ns
151	**	**	157	ns	ns
158	ns	ns	164	ns	ns

DO-280					
1992			1993		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
123	ns	ns	129	ns	ns
130	ns	*	136	ns	ns
137	ns	ns	143	ns	*
144	ns	*	150	**	ns
151	*	ns	157	**	ns
158	*	ns	164	*	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 126.- Niveles de significación del valor de los antocianos y taninos totales en los hollejos de las bayas, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

Antocianos totales					
1992			1993		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
123	ns	*	129	ns	ns
130	**	ns	136	**	ns
137	**	ns	143	ns	ns
144	**	*	150	ns	ns
151	**	**	157	ns	ns
158	ns	ns	164	ns	ns

Taninos totales					
1992			1993		
FECHA ²	S-R	E-V	FECHA ²	S-R	E-V
123	*	*	129	**	**
130	ns	ns	136	*	**
137	*	ns	143	**	ns
144	**	ns	150	**	ns
151	**	*	157	*	ns
158	*	ns	164	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 127.- Niveles de significación del valor de la delfinidina y la cianidina en los hollejos de las bayas, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

1992					1993				
FECHA ²	Delfinidina		Cianidina		FECHA ²	Delfinidina		Cianidina	
	S-R	E-V	S-R	E-V		S-R	E-V	S-R	E-V
123	ns	ns	ns	*	129	ns	ns	ns	ns
130	*	**	ns	**	136	ns	ns	ns	ns
137	**	*	**	**	143	ns	ns	*	ns
144	**	**	*	**	150	*	ns	**	ns
151	*	**	ns	**	157	**	ns	**	ns
158	ns	*	ns	*	164	*	ns	**	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 128.- Niveles de significación del valor de la petundina, peonidina, y malvidina en los hollejos de las bayas, dadas por el análisis de varianza¹ realizado para cada fecha de muestreo, en los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

1992							1993						
FECHA ²	Petundina		Peonidina		Malvidina		FECHA ²	Petundina		Peonidina		Malvidina	
	S-R	E-V	S-R	E-V	S-R	E-V		S-R	E-V	S-R	E-V	S-R	E-V
123	ns	ns	ns	ns	ns	*	129	ns	ns	ns	ns	ns	ns
130	*	ns	ns	**	*	ns	136	*	ns	ns	ns	**	ns
137	**	*	*	*	*	ns	143	ns	ns	ns	ns	ns	ns
144	**	**	*	**	*	*	150	*	ns	**	ns	ns	ns
151	*	**	ns	**	*	**	157	**	ns	**	ns	*	ns
158	ns	ns	ns	*	ns	ns	164	*	ns	**	ns	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²Días después del desborre.

Tabla 129.- Distintos niveles de significación¹ de los parámetros analizados en los hollejos de bayas de la variedad Tempranillo a 20 °Brix, sometidos a los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadío, V=vaso, E=espaldera).

	1992		1993	
	S-R	E-V	S-R	E-V
D ₅₂₀	ns	ns	ns	ns
D ₄₂₀	ns	ns	ns	ns
Intensidad	ns	ns	ns	ns
Tonalidad	ns	ns	ns	ns
Polifenoles Totales	ns	ns	ns	ns
D ₂₈₀	ns	ns	ns	ns
Antocianos Totales	**	ns	**	ns
Taninos Totales	**	ns	ns	ns
Delfinidina	*	*	ns	ns
Cianidina	*	**	*	ns
Petunidina	*	ns	*	ns
Peonidina	ns	**	ns	ns
Malvidina	ns	ns	**	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

Tabla 130.- Distintos niveles de significación¹ de los parámetros analizados en los hollejos de bayas de la variedad Tempranillo en la fecha de la vendimia, sometidos a los distintos tratamientos experimentales (S=secano, R=regadio, V=vaso, E=espaldera).

	1992		1993	
	S-R	E-V	S-R	E-V
Peso (g/100 bayas)	**	ns	**	ns
Hollejos (g/100 bayas)	ns	ns	**	ns
D ₅₂₀	ns	ns	*	ns
D ₄₂₀	ns	ns	ns	ns
Intensidad	ns	ns	*	ns
Tonalidad	ns	ns	*	ns
Polifenoles Totales	ns	ns	ns	ns
D ₂₈₀	*	ns	*	ns
Antocianos Totales	ns	ns	ns	ns
Taninos Totales	*	ns	ns	ns
Delfinidina	ns	*	*	ns
Cianidina	ns	*	**	ns
Petunidina	ns	ns	*	ns
Peonidina	ns	*	**	ns
Malvidina	ns	ns	ns	ns

¹ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

Tabla 131.- Niveles de significación obtenidos en el análisis de varianza multifactorial¹, para los distintos parámetros analizados en el mosto de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

	1990			1991			1992		
	T	F	TxF	T	F	TxF	T	F	TxF
Peso (100 bayas)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
°Brix	**	**	**	ns	**	**	*	**	ns
Glucosa	**	**	**	ns	**	**	ns	**	ns
Fructosa	**	**	**	ns	**	**	ns	**	ns
Glucosa/Fructosa	*	**	**	*	**	**	**	**	**
pH	ns	**	ns	**	**	ns	**	**	**
Acidez Total	**	**	**	ns	**	*	ns	**	ns
Tartárico	**	**	**	*	**	*	*	**	**
Málico	**	**	**	ns	**	**	**	**	**
Cítrico	ns	**	**	ns	**	**	ns	**	ns
Tartárico/Málico	**	**	**	*	**	**	**	**	**
Tartárico/Acidez	**	**	**	*	**	**	**	**	**
Azúcares/Acidez	*	**	*	ns	**	**	**	**	**
°Brix/Acidez Total	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**
Potasio	ns	**	*	**	**	**	ns	**	*
Calcio	ns	**	**	**	**	**	**	**	**
Magnesio	ns	**	**	**	**	**	ns	**	**
Sodio	ns	**	ns	**	**	ns	*	**	**
Prolina	*	**	**	*	**	**	**	**	**
D520	**	**	ns	*	**	**	**	**	ns
D420	**	**	*	ns	**	*	**	**	ns
Intensidad	**	**	ns	*	**	*	**	**	ns
Tonalidad	ns	**	**	*	**	ns	ns	**	ns
Polifenoles Totales	ns	**	ns	ns	**	ns	*	**	**
Antocianos Totales	*	*	ns	**	ns	ns	ns	**	ns
Taninos Totales	**	**	**	ns	**	**	ns	**	ns

¹Nivel de significación. ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

T=Tratamiento (análisis comparativo entre espaldera y vaso)

F=Fecha desde desborre

Tabla 132. - Niveles de significación obtenidos en el análisis de varianza multifactorial¹, para los distintos parámetros analizados en el hollejo de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hidricas.

	1992			1993		
	T	F	TxF	T	F	TxF
Peso (g)	**	**	*	*	**	**
Hollejos (g)	**	**	ns	**	**	**
D ₅₂₀	ns	**	**	**	**	**
D ₄₂₀	ns	**	**	**	**	**
Intensidad	ns	**	**	**	**	**
Tonalidad	ns	**	ns	ns	**	*
Polifenoles Totales	**	**	ns	**	**	*
D ₂₈₀	ns	**	**	**	**	**
Antocianos Totales	**	**	**	ns	**	*
Taninos Totales	**	**	**	**	**	**
Delfinidina	*	**	**	**	**	**
Cianidina	ns	**	**	**	**	**
Petunidina	*	**	**	*	**	**
Peonidina	ns	**	**	**	**	**
Malvidina	*	**	**	ns	**	*

¹Nivel de significación: ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

T=Tratamiento (análisis comparativo entre espaldera y vaso).

F=Fecha desde desborre.

Tabla 133.- Niveles de significación obtenidos en el análisis de varianza multifactorial¹, para los distintos parámetros analizados en el mosto de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

	1990			1991			1992		
	T	F	TxF	T	F	TxF	T	F	TxF
Peso (100 bayas)	**	**	*	*	**	**	*	**	**
°Brix	*	**	ns	**	**	**	ns	**	**
Glucosa	**	**	ns	**	**	**	ns	**	**
Fructosa	**	**	ns	**	**	**	ns	**	**
Glucosa/Fructosa	ns	**	ns	ns	**	*	ns	**	**
pH	ns	**	ns	*	**	**	ns	**	ns
Acidez Total	ns	**	ns	ns	**	**	ns	**	ns
Tartárico	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	**	ns
Málico	ns	**	ns	ns	**	ns	*	**	**
Cítrico	ns	**	ns	*	**	ns	ns	**	**
Tartárico/Málico	ns	**	ns	ns	**	ns	**	**	**
Tartárico/Acidez	ns	**	ns	**	**	ns	ns	**	**
Azúcares/Acidez	ns	ns	**	**	**	**	**	**	ns
°Brix /Acidez Total	ns	**	ns	**	**	**	ns	**	**
Potasio	ns	**	ns	**	**	ns	**	**	*
Calcio	*	**	**	**	**	**	ns	**	ns
Magnesio	**	**	ns	*	**	ns	ns	**	**
Sodio	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	**	ns
Prolina	ns	**	ns	**	**	**	**	**	**
D ₅₂₀	ns	**	ns	ns	**	ns	*	**	**
D ₄₂₀	ns	**	ns	ns	**	ns	*	**	**
Intensidad	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	**	**
Tonalidad	ns	**	**	*	**	ns	**	**	*
Polifenoles Totales	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	**	ns
Antocianos Totales	ns	**	ns	*	**	ns	**	**	*
Taninos Totales	**	**	ns	**	**	**	ns	**	ns

¹Nivel de significación: ns=no significativo, *= $p \leq 0,05$, **= $p \leq 0,01$.

T=Tratamiento (análisis comparativo entre espaldera y vaso).

F=Fecha desde desborre.

Tabla 134.- Niveles de significación obtenidos en el análisis de varianza multifactorial¹, para los distintos parámetros analizados en el hollejo de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

	1992			1993		
	T	F	TxF	T	F	TxF
Peso (g)	*	**	**	*	**	**
Hollejos (g)	*	**	**	**	**	**
D₅₂₀	*	**	**	ns	**	ns
D₄₂₀	ns	**	*	ns	**	ns
Intensidad	*	**	**	ns	**	ns
Tonalidad	ns	**	**	ns	**	ns
Polifenoles Totales	ns	**	ns	**	**	**
D₂₈₀	ns	**	*	ns	**	ns
Antocianos Totales	*	**	**	ns	**	ns
Taninos Totales	*	**	*	*	**	**
Delfinidina	**	**	**	ns	**	ns
Cianidina	**	**	**	ns	**	ns
Petunidina	**	**	**	ns	**	ns
Peonidina	**	**	**	ns	**	ns
Malvidina	*	**	**	ns	**	ns

¹Nivel de significación: ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

T=Tratamiento (análisis comparativo entre espaldera y vaso).

F=Fecha desde desborre.

Tabla 135.- Distintos niveles de significación¹ de los parámetros analizados en el mosto de bayas de la variedad Tempranillo a 20°Brix, sometidas a distintos tratamientos experimentales.

	T ²	A ³	TxA	T ⁴	A ³	TxA
Peso (100 bayas)	**	**	*	ns	**	ns
Glucosa	ns	*	ns	ns	*	ns
Fructosa	ns	**	ns	ns	**	ns
Glucosa/Fructosa	ns	**	ns	*	**	*
pH	**	ns	**	ns	**	ns
Acidez Total	**	ns	**	**	**	*
Tartárico	ns	**	ns	*	**	**
Málico	**	**	**	**	**	**
Cítrico	**	**	*	ns	**	ns
Tartárico/Málico	**	ns	**	**	ns	*
Tartárico/Acidez	**	ns	**	**	ns	*
Azúcares/Acidez	**	**	ns	**	**	*
°Brix/Acidez Total	**	ns	**	**	*	ns
Potasio	**	**	**	ns	**	ns
Calcio	ns	**	**	ns	*	*
Magnesio	ns	**	**	**	**	ns
Sodio	*	**	**	ns	**	ns
Prolina	*	ns	*	ns	**	**
D ₅₂₀	**	ns	ns	*	ns	ns
D ₄₂₀	**	*	*	ns	**	ns
Intensidad	**	*	ns	ns	**	ns
Tonalidad	ns	ns	*	*	**	**
Polifenoles Totales	ns	ns	**	**	ns	*
Antocianos Totales	ns	ns	**	**	*	**
Taninos Totales	ns	ns	**	ns	ns	ns

¹Nivel de significación: ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²T corresponde al tratamiento entre distintas condiciones hídricas.

³A corresponde a los tres años de muestreo (1990, 1991, 1992).

⁴T corresponde al tratamiento entre distintos sistemas de conducción.

Tabla 136.- Distintos niveles de significación¹ de los parámetros analizados en los hollejos de bayas de la variedad Tempranillo a 20ºBrix, sometidas a distintos tratamientos experimentales.

	T ²	A ³	TxA	T ⁴	A ³	TxA
Peso (g)						
Hollejos (g)						
D ₅₂₀	ns	**	ns	ns	**	ns
D ₄₂₀	ns	**	ns	ns	**	ns
Intensidad	ns	**	ns	ns	**	ns
Tonalidad	*	ns	ns	ns	ns	ns
Polifenoles Totales	*	ns	ns	*	**	ns
D ₂₈₀	ns	**	ns	ns	**	ns
Antocianos Totales	**	ns	ns	ns	ns	ns
Taninos Totales	**	**	*	ns	**	ns
Delfinidina	*	ns	ns	*	ns	ns
Cianidina	ns	ns	*	*	ns	**
Petunidina	**	ns	ns	ns	ns	ns
Peonidina	*	ns	ns	*	ns	*
Malvidina	**	ns	ns	ns	ns	ns

¹Nivel de significación: ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²T corresponde al tratamiento entre distintas condiciones hídricas.

³A corresponde a los tres años de muestreo (1990, 1991, 1992).

⁴T corresponde al tratamiento entre distintos sistemas de conducción.

Tabla 137.- Distintos niveles de significación¹ de los parámetros analizados en el mosto de bayas de la variedad Tempranillo en la fecha de la vendimia, sometidas a distintos tratamientos experimentales.

	T ²	A ³	TxA	T ⁴	A ³	TxA
Peso (100 bayas)	**	**	ns	ns	**	*
°Brix	**	**	**	*	*	ns
Glucosa	**	**	**	ns	ns	ns
Fructosa	**	**	**	ns	ns	ns
Glucosa/Fructosa	ns	**	ns	ns	**	ns
pH	**	**	*	*	**	ns
Acidez Total	**	*	**	ns	**	**
Tartárico	ns	**	ns	ns	**	ns
Málico	**	**	**	*	**	**
Cítrico	*	**	*	ns	**	ns
Tartárico/Málico	**	*	*	ns	ns	ns
Tartárico/Acidez	**	*	ns	ns	ns	ns
Azúcares/Acidez	ns	**	**	ns	**	ns
°Brix /Acidez Total	**	**	**	ns	**	*
Potasio	ns	**	*	ns	**	ns
Calcio	**	**	**	ns	**	ns
Magnesio	ns	**	*	ns	**	*
Sodio	*	**	**	ns	**	ns
Prolina	ns	**	**	*	**	ns
D ₅₂₀	*	ns	*	*	**	**
D ₄₂₀	**	**	**	ns	**	ns
Intensidad	**	*	**	ns	**	ns
Tonalidad	ns	**	*	*	**	ns
Polifenoles Totales	ns	ns	ns	**	ns	ns
Antocianos Totales	ns	**	ns	*	**	ns
Taninos Totales	**	ns	ns	*	ns	ns

¹Nivel de significación: ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²T corresponde al tratamiento entre distintas condiciones hídricas.

³A corresponde a los tres años de muestreo (1990, 1991, 1992).

⁴T corresponde al tratamiento entre distintos sistemas de conducción.

Tabla 138.- Distintos niveles de significación¹ de los parámetros analizados en los hollejos de bayas de la variedad Tempranillo en la fecha de la vendimia, sometidos a distintos tratamientos experimentales.

	T ²	A ³	TxA	T ⁴	A ²	TxA
Peso (g)						
Hollejos (g)						
D₅₂₀	**	**	ns	ns	**	ns
D₄₂₀	ns	**	ns	ns	**	ns
Intensidad	*	**	ns	ns	**	ns
Tonalidad	*	*	ns	ns	ns	ns
Polifenoles Totales	*	ns	ns	ns	ns	ns
D₂₈₀	*	**	ns	ns	**	ns
Antocianos Totales	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Taninos Totales	**	**	**	ns	**	ns
Delfinidina	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cianidina	**	ns	*	ns	ns	**
Petunidina	ns	ns	ns	*	ns	ns
Peonidina	*	ns	ns	*	*	**
Malvidina	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹Nivel de significación: ns=no significativo, *=p≤0,05, **=p≤0,01.

²T corresponde al tratamiento entre distintas condiciones hídricas.

³A corresponde a los dos años de muestreo (1992, 1993).

⁴T corresponde al tratamiento entre distintos sistemas de conducción.

V. DISCUSION DE RESULTADOS

1.- EVOLUCION DE LAS VARIABLES QUIMICAS EN EL MOSTO DURANTE EL PROCESO DE MADURACION.

En el apartado IV se muestran los resultados obtenidos de todas las muestras analizadas. durante los cuatro años de tratamientos experimentales, así como los resultados procedentes de la aplicación del análisis estadístico.

Los resultados analíticos relativos a los distintos constituyentes químicos a lo largo de su evolución en las bayas pueden estar indicados de dos maneras distintas según que se refieran al litro de mosto (g/L) o a un número de bayas determinado (g/100 bayas). Los dos modos de expresión no tienen el mismo significado, ya que las bayas aumentan de volumen en el curso de la maduración y se observa que 1 litro de mosto no se obtiene del mismo número de bayas. Al expresar los resultados en g/L los valores obtenidos están influidos por alteraciones accidentales en el peso de las bayas como son las lluvias o el aumento de las temperaturas: en el primer caso aumenta el peso de las uvas y se provoca un efecto de dilución, mientras que en el segundo se produce una transpiración por parte de la baya que origina una disminución en el peso de la misma, dando lugar a un efecto de concentración en los componentes presentes. Al tomar como referencia un número fijo de bayas, los efectos anteriores no afectan a los datos analíticos, ya que la cantidad absoluta es independiente de las modificaciones accidentales que sufre la baya: dicha expresión es interesante desde el punto de vista bioquímico del fruto, ya que es un índice de lo que sucede en la baya sin tener en cuenta el volumen. Con esas dos expresiones se puede conocer si las diferencias significativas existentes en determinadas fechas son debidas o no a esos efectos climáticos accidentales. Las cifras obtenidas por los dos modos de expresión se diferencian según el efecto de dilución que va siendo mayor a medida que se produce el crecimiento de las bayas.

Los valores de los distintos parámetros sometidos a los distintos tratamientos, se han expresado en general en concentraciones, g/L de mosto, ya que además de ser la más usual en enología, interesa la información sobre las condiciones que se darán en bodega, y conocer las concentraciones de los distintos componentes que pasan al mosto.

Los datos experimentales obtenidos, se han representado gráficamente, para que resulte más fácil y rápida la comprensión de la evolución de cada compuesto, a lo largo del tiempo. Al observar las gráficas de la evolución de los distintos componentes bajo las dos formas de expresión, se comprueba que las curvas presentan oscilaciones menos pronunciadas cuando se

refieren al número de bayas que cuando se expresan en g/L, esto pone de manifiesto que en esta última expresión los valores quedan más afectados por las modificaciones climatológicas, mientras que en la primera expresión se elimina esa influencia, pudiéndose comprobar si los cambios en la forma de las curvas ocurre realmente en la baya o son producto de una dilución o concentración. En cada gráfica se debe tener en cuenta que los momentos de muestreo no son los mismos en los distintos años ya que están en función del número de días que transcurran después del inicio del desborre; en el Cuadro IX de la Parte Experimental se indica la correspondencia entre las fechas de muestreo, durante los cuatro años, y su equivalencia con las fechas desde el desborre, que es la que figura en los gráficos.

Cada variable se estudia en los distintos tratamientos experimentales: diferentes condiciones hídricas y diferentes sistemas de conducción.

1.1.- EVOLUCION DEL PESO DE LAS BAYAS.

Se han realizado unas determinaciones físicas generales como son el peso de 100 bayas y el volumen obtenido a partir de ellas, este último dato nos permite conocer el rendimiento obtenido en cada tratamiento así como poder utilizar este valor y conocer lo que ocurre bioquímicamente en las bayas eliminando el efecto de dilución.

1.1.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO.

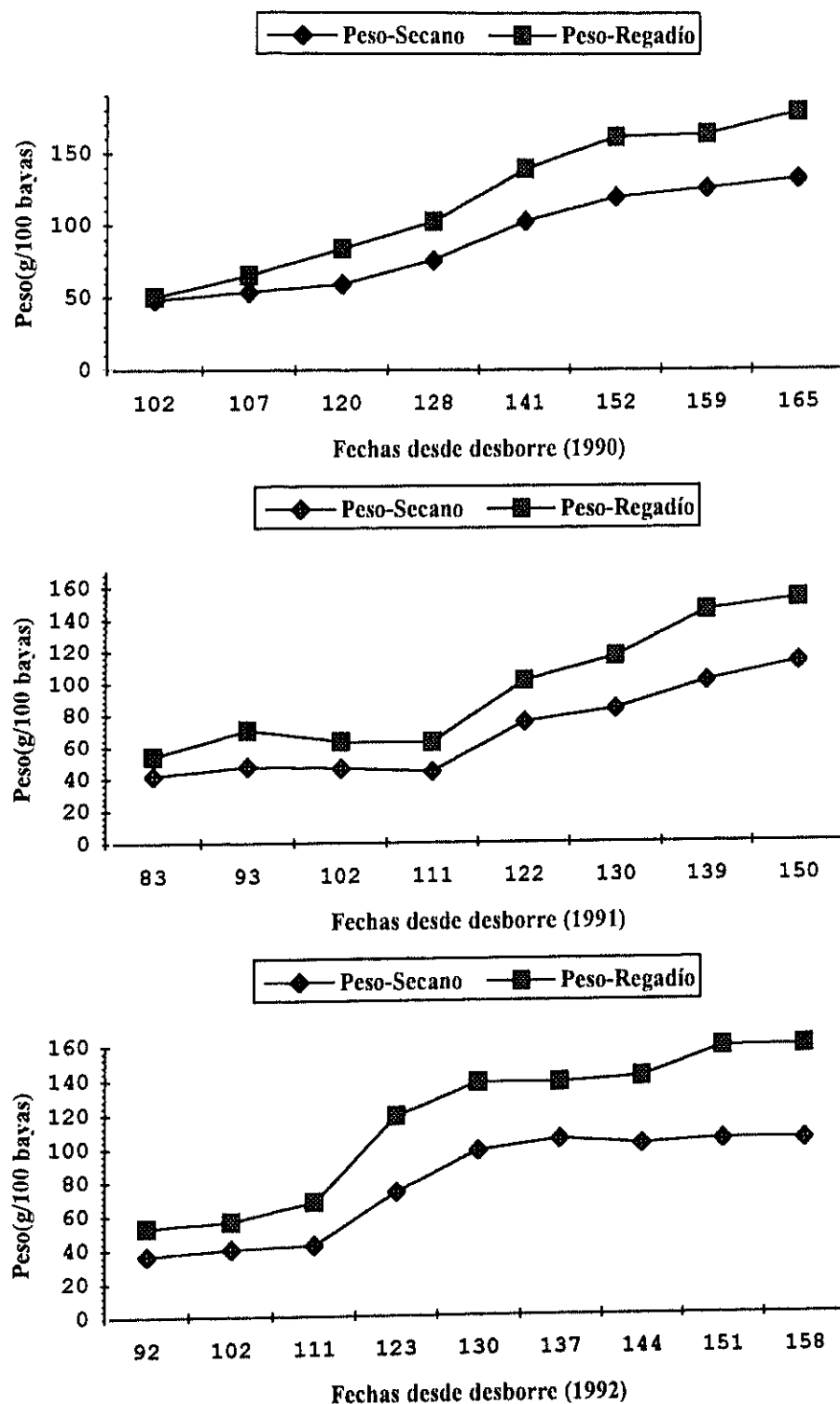
1.1.1.1.- Evolución del peso.

El peso de las bayas en ambos tratamientos experimentales tiene en todos los años de muestreo una tendencia ascendente (Tabla 1, Gráfico 1).

A) Estudio del peso de 100 bayas en el año 1990.

En el tratamiento de regadío se observa que se inicia un crecimiento lento hasta la fecha del envero, a partir de la cual el ritmo de crecimiento es mayor y tiende a estabilizarse al acercarse a la madurez, alcanzando un valor final de 180,4 g. El test de Duncan nos indica diferencias entre todas las fechas, desde la fase herbácea hasta la vendimia y sólo entre las fechas 152-159 las medias de los pesos se mantienen iguales.

Gráfico 1.- Evolución del peso de 100 bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



En el tratamiento de secano el modelo seguido es igual al de regadío si bien en todos los momentos de muestreo los valores son inferiores alcanzando en el momento de la vendimia cifras de 133,5 g. Se ha realizado el test de Duncan, obteniendo diferencias significativas a partir de la fecha 120 hasta la fecha anterior al momento de la vendimia.

Comparando ambos tratamientos se observa que los valores en el tratamiento de regadío son superiores a los de secano en todas las fechas de muestreo, y a través del análisis de varianza se confirma que existen diferencias entre ambos tratamientos a lo largo de todas las fechas excepto en la primera (Tabla 93).

B) Estudio del peso de 100 bayas en el año 1991.

En el tratamiento de regadío se observa una estabilización del peso de las bayas hasta el momento del envero, fecha en la que se inicia un rápido crecimiento que no cesa hasta el final de la maduración alcanzando valores de 153,3 g. En el test de Duncan se observan diferencias entre las fechas de la fase herbácea respecto a las tres fechas que siguen al envero.

El tratamiento de secano tiene una evolución paralela a la del regadío pero proporciona valores cuantitativamente inferiores a lo largo de todo el periodo de estudio alcanzando en vendimia pesos de 113,3 g. El test de Duncan señala diferencias entre las fechas de la fase herbácea y las de la maduración, es decir, entre las fechas 111-122 y 130-139 desde el desborre.

Comparando ambos tratamientos se observa como ocurría en el año 1990 que los valores en el secano son siempre inferiores a los del regadío, y el estudio de las diferencias existentes entre los dos tratamientos, a través del análisis de varianza en cada fecha de muestreo, se consideran estadísticamente significativas en todas las fechas (Tabla 93).

C) Estudio del peso de 100 bayas en el año 1992.

En el tratamiento de regadío se observa un ligero crecimiento durante la fase herbácea y es a partir del envero cuando existe un aumento brusco que va a continuar hasta el final del muestreo, si bien a partir de la fecha 137 el incremento del peso es menos acusado llegando a valores finales de 159,2 g. En el test de Duncan observan diferencias entre las tres fechas que siguen al envero y entre las dos últimas.

En el tratamiento de secano se observa un aumento rápido a partir del envero con una meseta durante tres fechas de la maduración y con un ligero ascenso final hasta valores en

vendimia de 103,9 g. El test de Duncan comprueba dicha estabilidad en los valores, indicando diferencias únicamente entre las tres fechas que siguen al envero.

Entre los dos tratamientos se comprueba como en todos los años de experimentación que los valores en el regadío son superiores a los del secano, apreciándose diferencias significativas entre los dos tratamientos en todas las fechas de muestreo (Tabla 93).

En general se puede considerar que el modelo característico que sigue el crecimiento de la baya es independiente del tipo de tratamiento elegido, se inicia con un aumento del peso muy ligero hasta el envero y a partir de aquí el ritmo de crecimiento es más rápido finalizando en los momentos próximos a la vendimia. El peso de las bayas va a aumentar continuamente, así como también el volumen en el que se disuelven el resto de los componentes, siendo siempre los valores en el regadío más elevados. Las condiciones climáticas así como la disponibilidad de agua durante la fase herbácea, influyen en el tamaño final de la baya, teniendo en cuenta que se produce un aumento del porcentaje de pulpa respecto al de hollejo y de pepitas.

El volumen obtenido de mosto (mL) es superior en las bayas del tratamiento de regadío que en las de secano, por lo que es necesario tener en cuenta el efecto de dilución de los distintos componentes presentes en las células del mesocarpio, para poder distinguir si las variaciones observadas en los distintos elementos son debidas a este fenómeno. Los rendimientos encontrados (L/Kg de bayas) a lo largo de las distintas fechas de la evolución, oscilan entre 0,36-0,63 (secano) y 0,35-0,72 (regadío).

El peso de las bayas es un factor de calidad sobre todo en las uvas destinadas a la vinificación, ya que influye en la dilución de los componentes analizados en los hollejos de las bayas, así el valor de la relación entre la superficie del hollejo y el volumen de la pulpa en el tratamiento de regadío es inferior al de secano, por tanto la dilución de los distintos componentes es mayor en el primer tratamiento. Sin embargo la relación de pesos pulpa/hollejo en los dos años de estudio (Tablas 31 y 122) no se modifica mucho a lo largo de la evolución, con una ligera tendencia a la disminución sobre todo en 1993 y especialmente en el tratamiento de secano, quizás debido a que aumenta más el peso de los componentes del hollejo en relación al aumento en la pulpa. En ninguno de los años se aprecian diferencias significativas en el momento de la vendimia.

El peso aumenta a partir del envero debido a un aporte continuo de agua, además de otras sustancias solubles como azúcares, ácidos, etc. (sustancias de reserva), mientras que una vez alcanzada la madurez se produce una estabilización e incluso una disminución debido esencialmente a los procesos de transpiración del fruto (Reynier, 1978; Catalina y col., 1982; Hrazdina y col., 1984).

Coombe (1992) comprueba el aumento del tamaño de las bayas a través de medidas del diámetro y la deformabilidad, observando que el ablandamiento precede a la expansión de las bayas en un periodo de unos seis días; esto podría ser debido a un aumento de la elasticidad de las células (deformabilidad) y a la plasticidad de las mismas (expansión). Este autor comprobó que los cambios químicos producidos, como el aumento de los azúcares, se iniciaban al comenzar el ablandamiento de las bayas y esto también es anterior al aumento del volumen.

Carroll y Marcy (1982) observaron en dos variedades de uva: Carlos y Noble, que el peso máximo lo alcanzaban antes de la fecha de la vendimia y luego descendía un poco debido a los procesos de sobremaduración. La sobremaduración es el momento en el que la uva alcanza su máximo desarrollo y su mayor riqueza en azúcares (Peynaud, 1974), pero empiezan a ralentizarse los procesos migratorios y a aumentar la respiración de los distintos componentes, así como los fenómenos de transpiración debido a las altas temperaturas. Estos procesos de deshidratación provocan una concentración de todos los componentes

Coombe (1976) observa que el estrés hídrico aplicado en la fase I de crecimiento de la baya afecta al número de células por baya mientras que si se aplica en los estados II y III afecta al tamaño de las células. En nuestro caso el déficit hídrico aplicado se ha prolongado durante todo el periodo de crecimiento de la baya, por lo que los dos efectos afectan significativamente a la disminución del peso de la baya.

En el análisis de varianza para dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 131), se observa que en los tres años los valores acumulados de peso (g/100 bayas) son diferentes según el tratamiento, siendo superiores en el regadío ($p \leq 0,01$); así mismo los valores del peso son distintos a lo largo de las diferentes fechas de muestreo y por la interacción de los dos factores.

1.1.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.

1.1.2.1.- Evolución del peso.

El peso de las bayas en ambos tratamientos experimentales tiene en todos los años de muestreo la misma tendencia ascendente (Tabla 2, Gráfico 2).

A) Estudio del peso de 100 bayas en el año 1990.

En el tratamiento en vaso existe un periodo de estacionamiento durante las dos primeras fechas de la fase herbácea seguido de un aumento con una elevada pendiente hasta prácticamente el final del proceso de maduración, ya que en las tres últimas fechas los valores son muy similares llegando en el momento de la vendimia a valores de 188,1 g. El test de Duncan muestra diferencias entre todas las fechas excepto entre las tres últimas.

En el tratamiento en espaldera la evolución es la misma aunque cuantitativamente los valores son ligeramente inferiores en todas las fechas de muestreo alcanzando al final cifras muy similares, 180,4 g. El test de Duncan manifiesta diferencias entre todas las fechas salvo entre la 152-159 desde desborre.

Comparando ambos tratamientos se observa que los valores son en todo momento muy próximos, por lo que el análisis de varianza indica que las diferencias entre tratamientos a lo largo de las distintas fechas, únicamente son significativas en tres de ellas 102, 152, y 159 (Tabla 93).

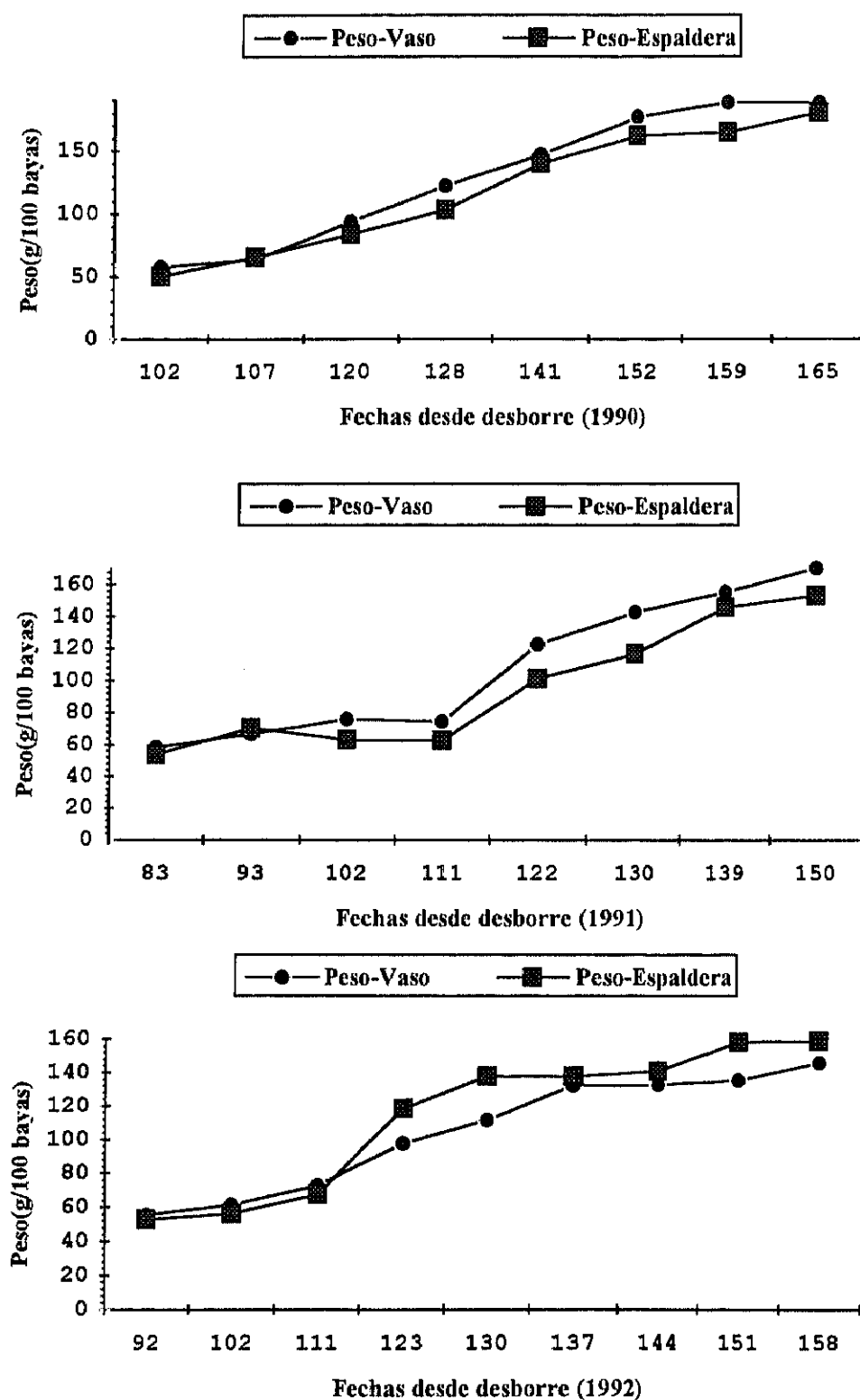
B) Estudio del peso de 100 bayas en el año 1991.

En el tratamiento en vaso se observa un aumento muy ligero del peso hasta el envero, momento en el que se dispara el crecimiento hasta el final de la maduración llegando a valores finales de 170,4 g. A partir del test de Duncan se deducen diferencias entre las cuatro fechas que siguen al envero.

En el tratamiento en espaldera se observa una estabilización de los valores hasta el momento del envero, donde se inicia un crecimiento rápido hasta el final llegando a cifras parecidas de 153,3 g. El test de Duncan confirman sólo diferencias entre las tres fechas que siguen al envero.

Entre los dos tratamientos se aprecian valores muy parecidos como en el año anterior, siendo igualmente los valores en el vaso superiores a los de la espaldera, si bien por el análisis de varianza se comprueba que sólo existen tres fechas (102, 122, 130) con diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 93).

Gráfico 2.- Evolución del peso de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



C) Estudio del peso de 100 bayas en el año 1992.

En el tratamiento en vaso se produce un aumento desde la primera fecha de muestreo hasta la fecha 137 de la maduración, a partir de este momento se estabilizan los valores hasta vendimia con cifras finales de 145,8 g. En el test de Duncan se observan diferencias significativas hasta la fecha 137, existiendo únicamente diferencias entre las tres siguientes y la de la vendimia.

En el tratamiento en espaldera los valores aumentan mucho en el envero, momento a partir del cual siguen creciendo, aunque no tan rápidamente como en los años anteriores, llegando al final a valores de 159,2 g. En el test de Duncan aparecen diferencias desde la fecha 102 hasta la 130, y también las tres siguientes se diferencian con las dos últimas.

Entre el vaso y la espaldera se observan modelos de evolución muy parecidos, si bien en este año a diferencia de los dos anteriores los valores de la espaldera son superiores a los del vaso. En el análisis de varianza se observa que las diferencias entre tratamientos son estadísticamente significativas en cuatro fechas: 102, 123, 130, y 151 (Tabla 93).

Globalmente podemos observar que el modelo seguido por las bayas en el crecimiento a lo largo de la maduración es muy semejante en los dos tratamientos, empezando con un ligero crecimiento hasta el envero y a partir de aquí los valores aumentan mucho hasta el momento de la vendimia. Mullins y col. (1992) observan que desde el cuajado a la madurez, el grano de uva aumenta continuamente en volumen y peso, aunque no de un modo totalmente regular, llegando a duplicar o triplicar el volumen final del grano. Hrazdina y col. (1984) advierten que el aumento de peso de las bayas es lineal hasta, aproximadamente, unos treinta días antes de la vendimia, que alcanza valores constantes.

En cualquiera de los dos sistemas de conducción estudiados (vaso o espaldera), el volumen de mosto (mL) obtenido es muy similar, por lo que el efecto de dilución de los distintos componentes no está muy afectado. Los rendimientos encontrados a lo largo de las fechas de muestreo (L/Kg de bayas) oscilan entre 0,41-0,66 (vaso) y 0,35-0,72 (espaldera). La relación de pesos pulpa/hollejo a lo largo de la evolución en los dos años de estudio (Tablas 77 y 122), permanece constante con una ligera tendencia a la disminución sobre todo en el tratamiento de vaso en 1993, existiendo diferencias significativas en la fecha de la vendimia sólo en 1992.

Crippen y Morrison (1986) manipularon la geometría de la cepa, modificando el grado de exposición de los racimos y las hojas, confirmando que las bayas de racimos con una mayor exposición pesan menos que las de racimos sombreados, debido a una mayor pérdida de agua.

En la evolución de este parámetro no sólo influye el sombreado de la fruta sino también el sombreado de las hojas. Rojas-Lara y Morrison (1989) comprueban que las bayas de hojas sombreadas tenían un menor tamaño que las que se desarrollaron con las hojas expuestas al sol o con los racimos sombreados, sin embargo si la diferencia de sombreado no es muy grande y está por encima del nivel crítico de iluminación que necesitan las hojas, no hay diferencias significativas en el tamaño de los dos tratamientos. Parece que por encima de un nivel mínimo de exposición del canopy cualquier intercepción adicional tiene menor importancia para el crecimiento de la fruta. Según estos autores el tamaño mayor de bayas sombreadas (con hojas expuestas al sol), puede ser debido a temperaturas más bajas y escasa transpiración, estos hechos están de acuerdo con los resultados de Crippen y Morrison (1986) y Reynolds y col. (1986). Mientras que el menor tamaño de las bayas que tenían las hojas sombreadas, no es debido tanto a un descenso en temperatura como a la disminución de la fotosíntesis y transporte de carbohidratos desde las hojas sombreadas (Morrison y Noble, 1990). El tamaño de la baya es un factor importante porque afecta a la concentración del resto de los componentes solubles.

En el análisis de varianza para dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 133), se observa que los valores de peso acumulados en todo el proceso son distintos significativamente, siendo superiores en el tratamiento en vaso en 1990 y 1991 con niveles de significación $p \leq 0,01$ y $p \leq 0,05$ respectivamente, mientras que en 1992 son más altos en la espaldera ($p \leq 0,05$). En los tres años y en los dos tratamientos los valores son distintos en función de los momentos de la maduración, así como por la interacción de los dos factores, es decir, el modelo de acumulación se ha visto afectado.

1.2.- EVOLUCION DE LOS AZUCARES.

Se han analizado los azúcares mayoritarios en el mosto de uva (glucosa, fructosa, y sacarosa), tanto de forma global (con la medida del °Brix), como de forma individualizada (HPLC), así como sus posibles relaciones.

La sacarosa se encuentra a nivel de trazas en todo el proceso de maduración por lo que nos fijamos en las dos hexosas mayoritarias: glucosa y fructosa.

1.2.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO.

1.2.1.1.- Evolución de los sólidos solubles totales.

El °Brix de los mostos de uva, tiene en ambos tratamientos experimentales, una tendencia ascendente y prácticamente paralela entre sí, durante los tres años de muestreo (Tabla 2, Gráfico 3).

A) Estudio del °Brix en el mosto de uva en el año 1990.

En el tratamiento de regadío se observa que se inicia un crecimiento muy lento hasta la fecha 107, un poco antes del envero, a partir de la cual el ritmo de crecimiento es mayor, y tiende a estabilizarse al acercarse a la madurez, alcanzando un valor final de 22,4 °Brix. Se ha realizado el test de Duncan, obteniendo diferencias significativas a partir del envero salvo en las tres últimas fechas en las que los valores se han estabilizado.

En el tratamiento de secano el crecimiento lento se alarga hasta la fecha 120, justo después del envero, momento en el que empieza a crecer hasta prácticamente el final de la maduración, con un valor en vendimia de 19,5 °Brix. El test de Duncan indicó que existen diferencias significativas a partir del envero hasta la fecha de muestreo anterior a la fecha de vendimia.

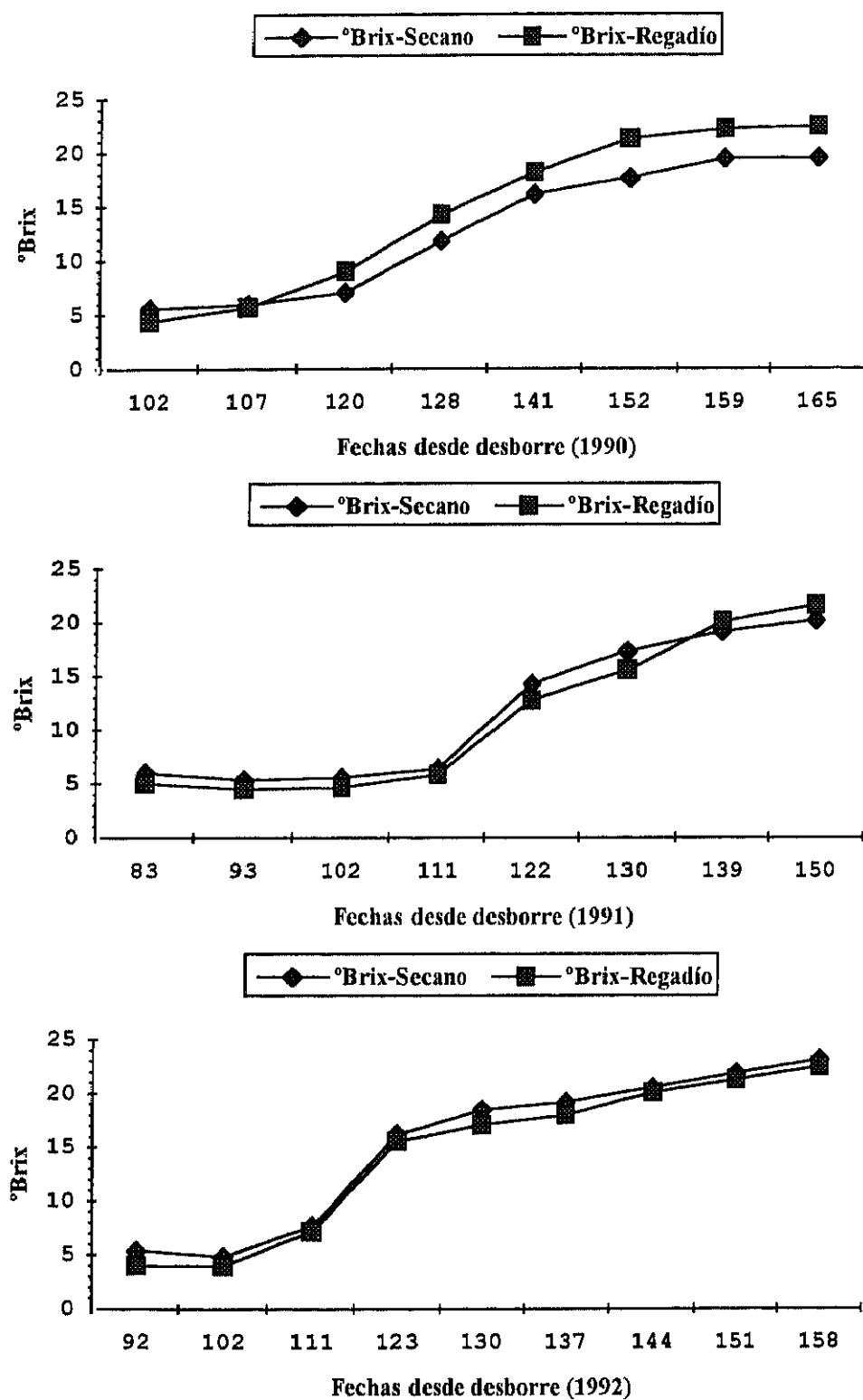
Comparando los dos tratamientos se ve que, los valores en el regadío son mayores que en el secano, salvo en las dos primeras fechas, alcanzándose antes el grado de madurez adecuado en las condiciones de regadío. El ritmo de acumulación de azúcares en el regadío es mayor, a pesar de existir un mayor efecto de dilución por el mayor tamaño de la baya. A través de los niveles de significación obtenidos por el análisis de varianza aplicado, se observa que existen diferencias significativas entre los dos tratamientos en todas las fechas de muestreo (Tabla 94).

B) Estudio del °Brix en el mosto de uva en el año 1991.

En el tratamiento de regadío se aprecia un periodo inicial de crecimiento muy lento hasta el momento del envero (111), a continuación existe un rápido aumento, que no va a cesar hasta llegar a la madurez a un valor de 21,6 °Brix. Con el test de Duncan se comprueba que a partir de la fecha del envero sí existen diferencias significativas entre las fechas de muestreo.

En el tratamiento de secano prácticamente ocurre lo mismo, permanece casi estacionado hasta el momento del envero y se dispara la acumulación de azúcares hasta llegar a un valor final

Gráfico 3.- Evolución del °Brix del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



en vendimia de 20,2 °Brix. El test de Duncan indica que existen diferencias significativas sólo a partir del envero.

En este año se observa que los valores del tratamiento de regadío son siempre inferiores al secano, salvo en los dos últimos muestreos que ocurre lo contrario. Al igual que en 1990, la madurez se alcanza antes en el regadío que en el secano, siendo además el ritmo de acumulación mayor en el primer caso a pesar de los mayores pesos de bayas.

Estudiando las diferencias existentes entre los dos tratamientos para cada fecha de muestreo, se observa que existen diferencias significativas hasta el momento del envero, a partir de esa fecha los valores procedentes de ambos tratamientos no difieren estadísticamente, hasta llegar a la fecha de la vendimia donde sí aparecen nuevamente diferencias en el °Brix (Tabla 94).

C) Estudio del °Brix en el mosto de uva en el año 1992.

En el tratamiento de regadío existe un crecimiento inapreciable hasta la fecha 102, fecha anterior al envero, a partir de la cual empieza a aumentar con una velocidad elevada hasta la fecha 120, para seguir creciendo hasta el momento de vendimia que alcanza valores de 22,5 °Brix. El test de Duncan confirma que existen diferencias a partir del envero hasta la fecha anterior a la vendimia.

En el tratamiento de secano se sigue el mismo modelo anterior pero llegando a valores finales de 23,1 °Brix. En cambio en el test de Duncan se aprecian diferencias significativas entre todas las fechas excepto entre las dos primeras 92-102 que corresponden a la fase herbácea.

Este es el único año en el que los valores del tratamiento de regadío están siempre por debajo de los del secano. El ritmo de acumulación es prácticamente el mismo en los dos tratamientos, y en este año el regadío y el secano alcanzan prácticamente al mismo tiempo la madurez.

En las últimas fechas de muestreo en este año se observa que el peso de la baya permanece casi constante en los dos tratamientos, por lo tanto ese aumento de azúcares puede ser debido a un aumento de la síntesis o bien a una pérdida de agua por parte de las bayas que provoque un aumento en la concentración.

En el análisis de varianza realizado para conocer las diferencias entre los dos tratamientos a lo largo de las distintas fechas de muestreo, se observa que ocurre algo similar al año 1991, apareciendo diferencias significativas en el valor del °Brix hasta el envero, a partir de

ese momento el tratamiento aplicado no origina valores estadísticamente diferentes salvo en dos fechas intermedias de la fase de maduración (Tabla 94).

Se observa que a lo largo de los tres años de muestreo las curvas de evolución del °Brix para los dos tipos de tratamientos experimentales, tienen un comportamiento similar desde el punto de vista cualitativo, es decir, el °Brix presenta un crecimiento lento hasta prácticamente la fecha del envero, momento en el que la acumulación de sólidos solubles aumenta con mayor rapidez, estabilizándose al final del proceso de maduración. Este proceso ha sido descrito de igual modo en los trabajos de Coombe (1992). En los dos tratamientos a lo largo de la maduración el valor del °Brix aumenta, es decir, el ritmo de acumulación de azúcares es mayor al efecto de dilución causado por el aumento del volumen de la baya durante su crecimiento (siendo este efecto superior en el regadío), si bien la estabilización final del °Brix puede ser debida a una disminución en el ritmo de la síntesis de los azúcares, y así el aumento del volumen final de la baya es mayor en relación a la cantidad de sólidos solubles totales que llegan. En cambio cuantitativamente los valores de °Brix a lo largo de las distintas fechas de muestreo son diferentes entre los tratamientos según el año que se trate, es decir, la climatología afecta al valor adquirido, si bien en los dos tratamientos el crecimiento a partir del envero llega a ser el triple de su valor.

Este mismo proceso fue explicado por Bravdo y Hepner (1986), así la acumulación de azúcares en las bayas no es afectada por el riego aunque la velocidad de crecimiento de la concentración de los sólidos solubles totales va a disminuir en este tipo de ensayos. Estos autores también observan que los sólidos solubles totales disminuyen cuando la dilución causada por el aumento del crecimiento de la baya es mayor que el transporte del azúcar hacia la baya.

Las bayas se caracterizan por ser órganos de acumulación de glúcidos, y en el transcurso de la maduración éstos van a llegar continuamente; ese aumento sirve en parte para favorecer la maduración fisiológica de las pepitas mientras que el resto queda almacenado en las bayas. Ribéreau-Gayon (1975) observó en las variedades Merlot y Cabernet Sauvignon que las cantidades medias de azúcares en el momento del envero eran de 80 g/L, aunque el intervalo de concentraciones entre las que oscilaba era muy grande (33-110 g/L para la Merlot y 36-108 g/L para Cabernet Sauvignon), concluyendo que esos valores dependen del año que se trate. Las cantidades de azúcares en el envero oscilan mucho existiendo una cierta independencia entre el inicio del cambio de color en el hollejo y las cantidades de azúcares presentes en ese momento.

El estado hídrico del suelo (depende tanto de su situación geográfica, es decir del régimen de lluvias, como del tipo de suelo y de los aportes que tenga) es importante en el desarrollo de la vid y va a influir en las características de producción del año. El estrés hídrico provocado hace que los estomas se cierren para impedir la difusión de agua desde las raíces, y eso perjudica el proceso de fotosíntesis que necesita el agua para restablecer el flujo electrónico y producir NADPH y ATP necesarios para la síntesis de carbohidratos (Stryer, 1988). En nuestro caso las vides con estrés hídrico se caracterizan por una senescencia de sus hojas anterior con respecto a las vides que disponen de agua (Bartolomé, 1993) y que repercute en la síntesis de sólidos solubles.

Se ha realizado análisis de varianza con dos factores, tratamiento y fecha para los tres años (Tabla 131). A lo largo de los tres años se observa que el comportamiento del °Brix en su evolución en los dos tratamientos es distinto según el año de que se trate, así en el año 1990 la acumulación de sólidos solubles en el regadío supera a la del secano, en el 1992 ocurre lo contrario, si bien en el 1991 no se observan diferencias significativas entre tratamientos. En los tres años tanto en el regadío como en el secano el valor de °Brix alcanzado depende de la fecha de desarrollo de la baya. En 1992 se observa que no hay interacción entre estos dos factores, mientras que en los años 1990 y 1991 sí existe interacción entre tratamiento y fecha, existe una influencia conjunta de esos dos factores en los valores de °Brix alcanzados.

1.2.1.2.- Evolución de la glucosa.

La glucosa en ambos tratamientos, en los tres años, tiene una tendencia ascendente (Tabla 3, Gráficos 4 y 5).

A) Estudio de la glucosa en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa un continuo aumento desde la primera fecha y durante todo el proceso de maduración, estabilizándose en los últimos momentos con valores de 110,6 g/L. El test de Duncan indica diferencias significativas desde la fase herbácea hasta vendimia salvo en el periodo comprendido entre las fechas 152-159 de la maduración.

En el tratamiento de secano se observa un incremento progresivo durante la fase de crecimiento y hasta el momento de la vendimia, pero el ascenso más pronunciado se produce entre las fechas 120 y 141, a partir de la cual el ritmo de crecimiento es menor, llegándose a alcanzar valores de 91,2 g/L. El test de Duncan muestra diferencias entre las fechas en las que se

produce un incremento marcado en la concentración, es decir, desde el envero hasta la fecha 141 de maduración y también en vendimia.

Si comparamos los dos tratamientos se ve que durante todo el proceso de maduración los valores de regadío son superiores a los de secano, no influyendo el efecto de dilución que provoca el agua de riego. El análisis de varianza nos proporciona los niveles de significación de las diferencias procedentes de los valores de glucosa (g/L) de los dos tratamientos, siendo significativas en todas las fechas salvo en la fecha 141 y 159 de la fase de maduración (Tabla 95).

B) Estudio de la glucosa en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se ve un periodo de estabilización hasta la fecha del envero, a partir de este momento existe un primer salto grande en la cantidad de glucosa acumulada, se mantiene el valor sin grandes oscilaciones durante un intervalo de 11 días y vuelve a dar otro salto, estabilizándose finalmente en la vendimia en 109,9 g/L. El test de Duncan confirma esta evolución, ya que indica diferencias significativas a partir del envero.

En el tratamiento de secano se observa el mismo modelo salvo que a partir del envero, que es cuando se produce el incremento mayor, el aumento va a ser continuado hasta la vendimia. En este caso el crecimiento es más suave en las últimas fechas con valores finales de 94,8 g/L. El test de Duncan muestra diferencias a partir del envero hasta la fecha anterior a la vendimia.

Comparando los dos tratamientos se observa que las concentraciones de glucosa en el regadío son mayores a las del secano sólo en las dos últimas fechas y en el resto de las fechas ocurre al revés. En el estudio de las diferencias entre los valores de glucosa (g/L) de los dos tratamientos a lo largo de todas las fechas de muestreo, se observa que ocurre lo contrario que en el año anterior, es decir, no existen diferencias significativas excepto en dos fechas, el primer muestreo y en el momento de la vendimia (Tabla 95).

C) Estudio de la glucosa en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se aprecia un crecimiento lento hasta la fecha del envero, momento en el que se produce el salto más grande de concentración de glucosa, a continuación existe un continuo crecimiento, aunque más suave durante la maduración hasta el momento de la vendimia, que llega a valores de 112,1 g/L. Con el test de Duncan se comprobó que los ascensos

Gráfico 4.- Evolución de la glucosa (g/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

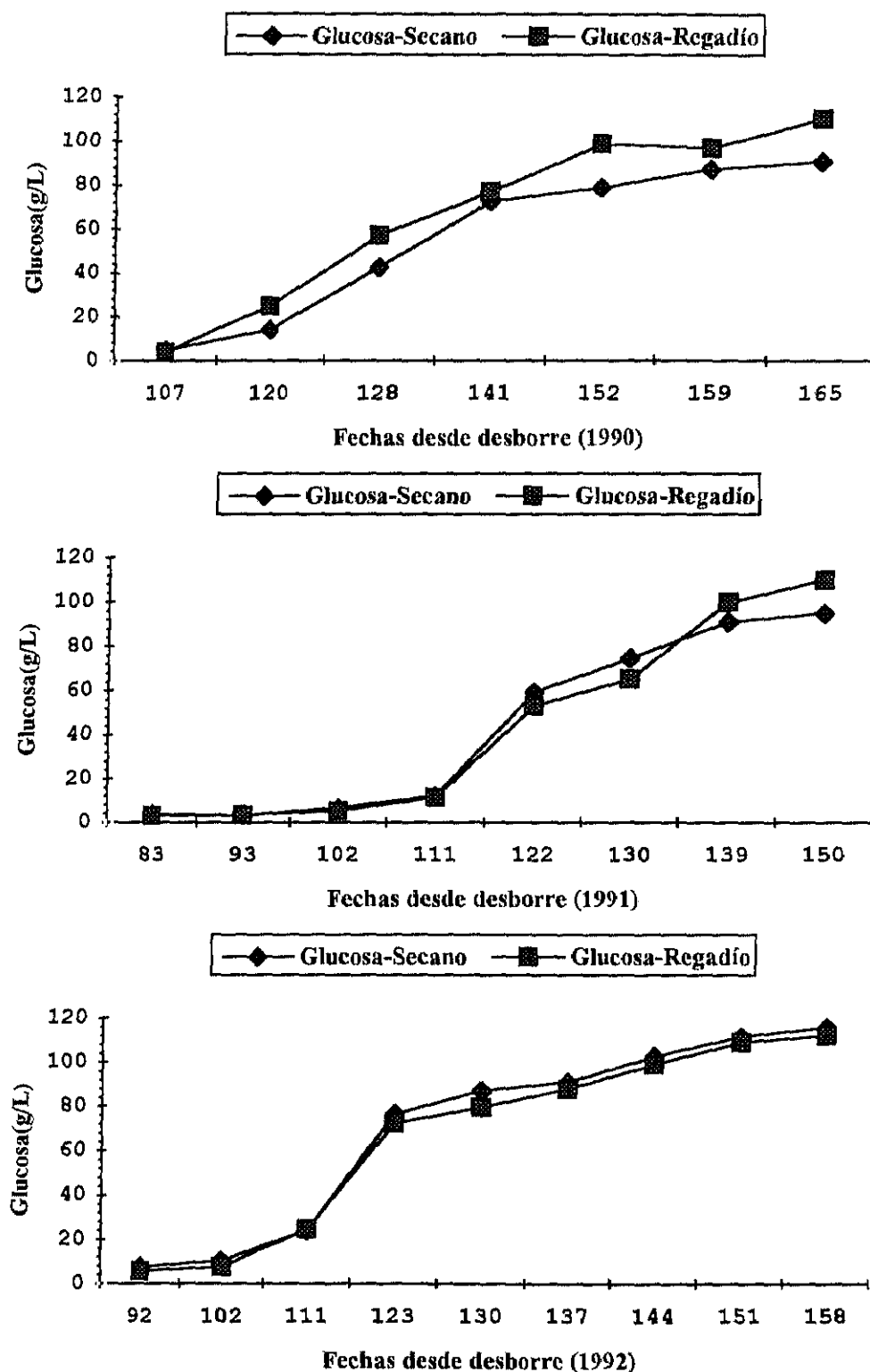
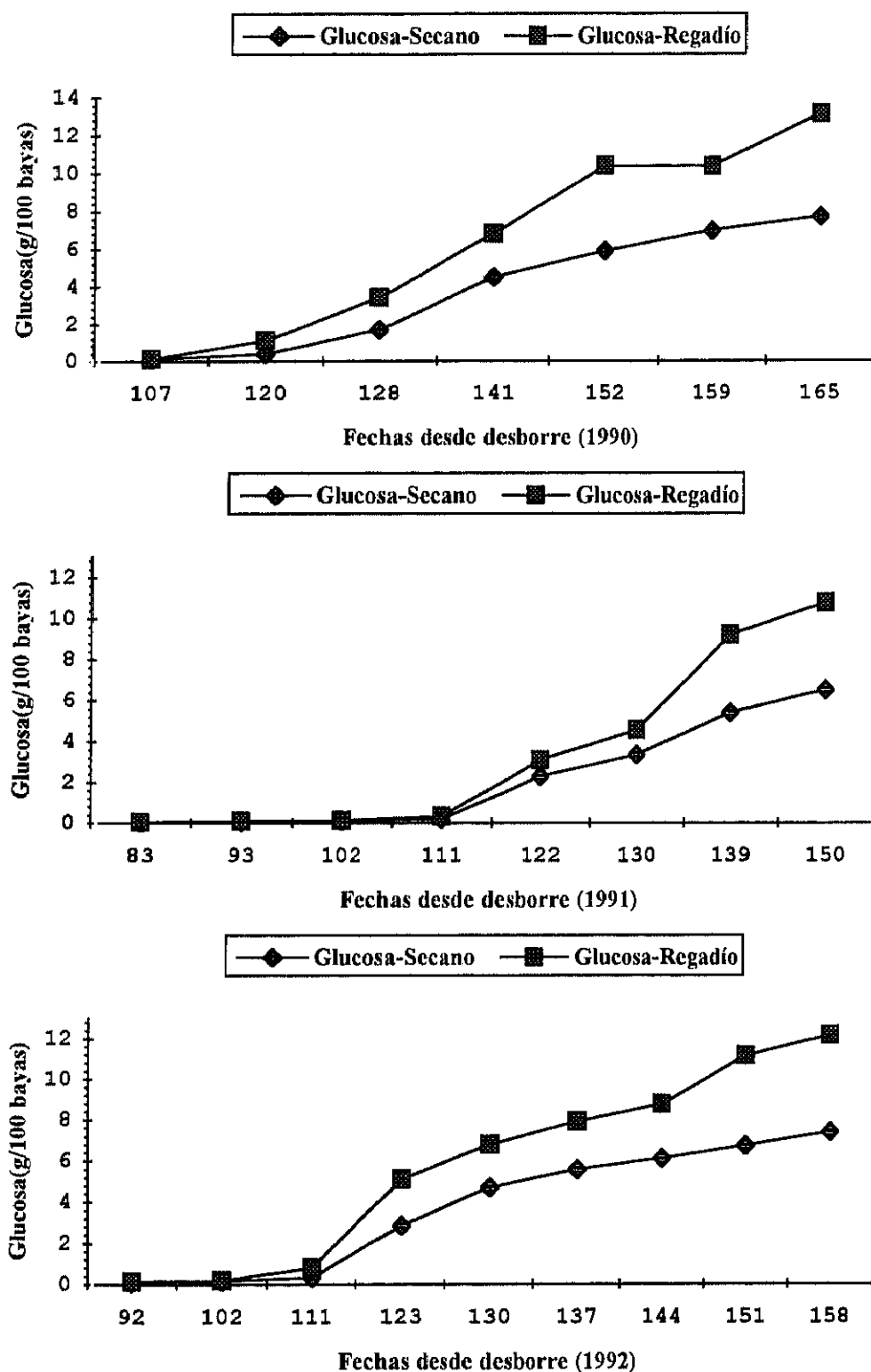


Gráfico 5.- Evolución de la glucosa (g/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



parciales entre un punto de muestreo y el siguiente eran estadísticamente significativos entre las fechas 102-123, y entre 130-151.

En el tratamiento de secano se observa el mismo modelo, siendo la curva de evolución prácticamente paralela al anterior tratamiento, aunque el valor final llega a 115,6 g/L. El test de Duncan muestra diferencias a partir de la fecha 102 hasta el momento final de maduración.

Entre los dos tratamientos se observa que las concentraciones en el secano son superiores a las de regadío, prácticamente en todas las fechas. En el estudio de varianza para conocer las posibles diferencias entre tratamientos en cada una de las fechas de muestreo, se comprobó que no van a existir diferencias significativas en ninguna de ellas excepto en las dos primeras fechas, ocurriendo lo mismo que en 1991 (Tabla 95).

Al igual que ocurría con los °Brix, se observa que las curvas de evolución de la glucosa (g/L) a lo largo de los tres años de muestreo en los dos tipos de tratamientos se comportan del mismo modo, es decir, la concentración de glucosa aumenta continuamente a lo largo de todo el periodo de crecimiento hasta el momento final de la vendimia, siendo a partir del envero cuando la velocidad de crecimiento es mayor y estabilizándose finalmente, observando que las concentraciones en el secano son superiores en prácticamente todas las fechas de todos los años, excepto en 1990. El aspecto de las curvas a lo largo de los tres años es muy similar sin embargo da la sensación de que en el año 1991 el aumento de glucosa estaba retrasado respecto a los otros dos, si bien al fijarnos en las fechas desde el desborre se observa que prácticamente en todos ellos el comienzo de la maduración es en la misma fecha (111), por tanto la única diferencia en las evoluciones está en la fecha en la que se comenzó el muestreo, y que fue elegida en función de una serie de parámetros externos de las bayas que variaban según las condiciones climatológicas de ese año y de los precedentes. La planta a lo largo de los años se ha equilibrado bien de modo que no ha modificado mucho las distintas fechas fenológicas a lo largo de los distintos años.

Durante los tres años la síntesis de glucosa por las plantas (g/100 bayas) ha sido superior en los tratamientos de regadío que en los de secano, aumentando las diferencias significativas de esos valores a partir del envero y a medida que nos acercamos a la fecha de la vendimia, existiendo mayor número de fechas con diferencias en los años 1990 y 1992 que en 1991. Estos datos nos indican cómo el distinto tratamiento utilizado, ha repercutido en las concentraciones (g/L) del mosto, que son generalmente como ya se ha comentado, superiores en el tratamiento de secano, debido a que el menor tamaño de baya en este tipo de tratamiento provoca un efecto de

concentración sobre los distintos componentes, pero no porque el tratamiento de regadío perjudique la síntesis de los azúcares, ya que en este sentido ocurre todo lo contrario. Es necesario tener en cuenta que en 1990 la concentración (g/L) en el regadío es superior a la del secano, ya que ha existido una síntesis mayor que ha llegado a superar el efecto de dilución de este tipo de tratamiento, por tanto las diferencias significativas encontradas no son debidas a un efecto de dilución del regadío que provoque un distanciamiento de los valores entre tratamientos sino a una mayor cantidad de glucosa. A medida que avanzan los años existe un efecto de estrés acumulado en el tratamiento de secano que hace que el tamaño de la baya en este caso sea mucho menor favoreciendo que las concentraciones superen a las de regadío. La unión de los dos efectos (dilución en el tratamiento de regadío y concentración en el de secano) favorecen un acercamiento de las concentraciones de la glucosa en el mosto de los dos tratamientos.

Hardie (1980) comprobó que aunque la concentración de azúcar aumentaba con el estrés hídrico, el contenido de azúcar por baya se reducía, debido a la disminución del peso y volumen de la baya. Un severo estrés hídrico causa defoliación y reduce la actividad fotosintética de las hojas, y bajo estas condiciones se produce un retardo en la maduración.

Según Becker y col. (1984) si las condiciones de estrés hídrico persisten desde la floración al envero, disminuye el rendimiento así como los contenidos en azúcares y ácidos, si el estrés coincide entre el envero y la maduración se favorece la acumulación de azúcares y la combustión de ácidos.

Se ha realizado análisis de varianza con dos factores, tratamiento y fecha en los tres años (Tabla 131). A lo largo de los tres años se observa que el comportamiento de la glucosa en su evolución en los dos tipos de tratamientos es muy parecido, existiendo únicamente en 1990 diferencias significativas en cuanto a la acumulación de este componente siendo mayor en el regadío, mientras que en los otros dos años el modelo es muy parecido y no se observan diferencias significativas entre tratamientos. Tanto en el regadío como en el secano el valor de la glucosa está en función de la fecha de desarrollo de la baya. Al igual que ocurría en los sólidos solubles totales no hay interacción entre estos dos factores en 1992, lo que indica una evolución paralela entre ambos tratamientos, mientras que en los años 1990 y 1991 existe una influencia conjunta de tratamiento y fecha en los valores alcanzados, es decir, en este caso se afecta el modelo de acumulación de la glucosa según el tratamiento utilizado.

1.2.1.3.- Evolución de la fructosa.

En la fructosa ocurre un fenómeno muy similar al anterior, con tendencia ascendente en los tres años y en los dos tipos de tratamientos (Tabla 4, Gráficos 6 y 7).

A) Estudio de la fructosa en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa un aumento progresivo hasta la fecha de la vendimia, como ocurre en la glucosa, alcanzando en este caso valores de 112,7 g/L. Las variaciones existentes entre las distintas fechas de muestreo son significativas salvo entre el intervalo 152-159 (test de Duncan).

En el tratamiento de secano se diferencian claramente dos periodos, uno a partir del envero, donde existe un aumento grande en la acumulación de fructosa hasta la fecha 141 de la maduración, y otro a partir de aquí con un ritmo de acumulación más moderada, hasta estabilizarse al final del proceso en 93,6 g/L. En el test de Duncan se indica que existen diferencias significativas entre todas las fechas, excepto entre las dos últimas, 159-165.

Comparando ambos tratamientos se observa que las concentraciones de fructosa en el regadío son superiores al secano en todas las fechas excepto en la primera, en la que se invierte el proceso. Los niveles de significación obtenidos por el análisis de varianza en cada fecha de muestreo entre los dos tratamientos, indican que van a existir diferencias significativas de los valores de fructosa (g/L) en todas las fechas excepto en dos, 141 y 159 (Tabla 96).

B) Estudio de la fructosa en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se ve un periodo inicial de estabilización hasta aproximadamente el envero, a partir de aquí y durante el periodo de maduración hasta la vendimia se observan dos ascensos marcados llegando a valores finales de 119,9 g/L. En el test de Duncan se corrobora lo dicho anteriormente, es decir, no existen diferencias significativas hasta la fecha anterior al envero, y si a partir de este momento.

En el tratamiento de secano ocurre lo mismo hasta el envero, en ese momento se produce un aumento continuo durante la maduración sin saltos bruscos, hasta estabilizarse en 104,1 g/L. El test de Duncan muestra que no hay diferencias hasta el envero y tampoco entre las dos últimas fechas, 139-150.

Los valores de fructosa (g/L) en el tratamiento de secano son ligeramente superiores a los del regadío hasta el envero, a partir de esa fecha el regadío supera al secano hasta el final de la maduración excepto en la fecha 130 de la maduración. En este año no se observan diferencias

Gráfico 6.- Evolución de la fructosa (g/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

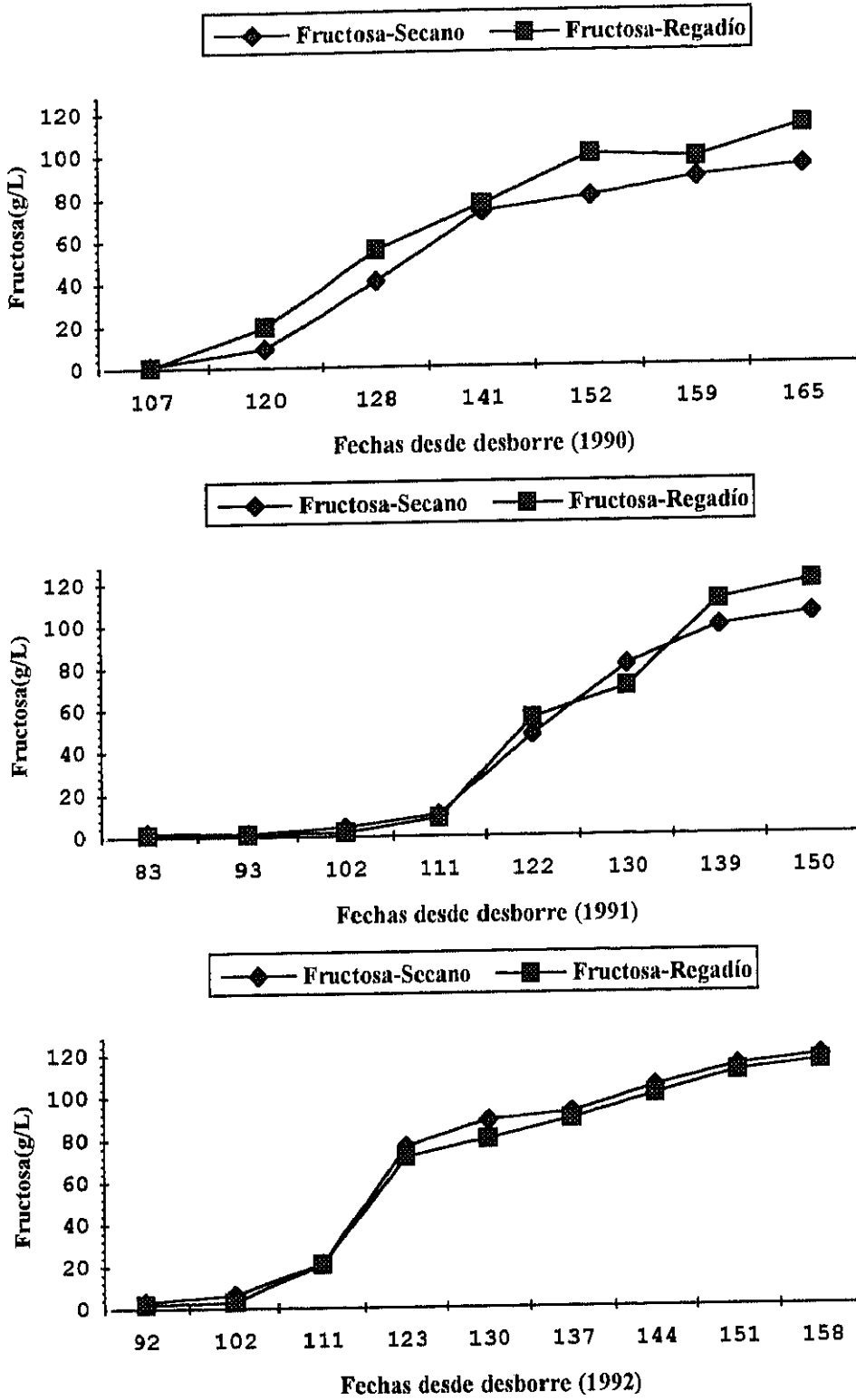
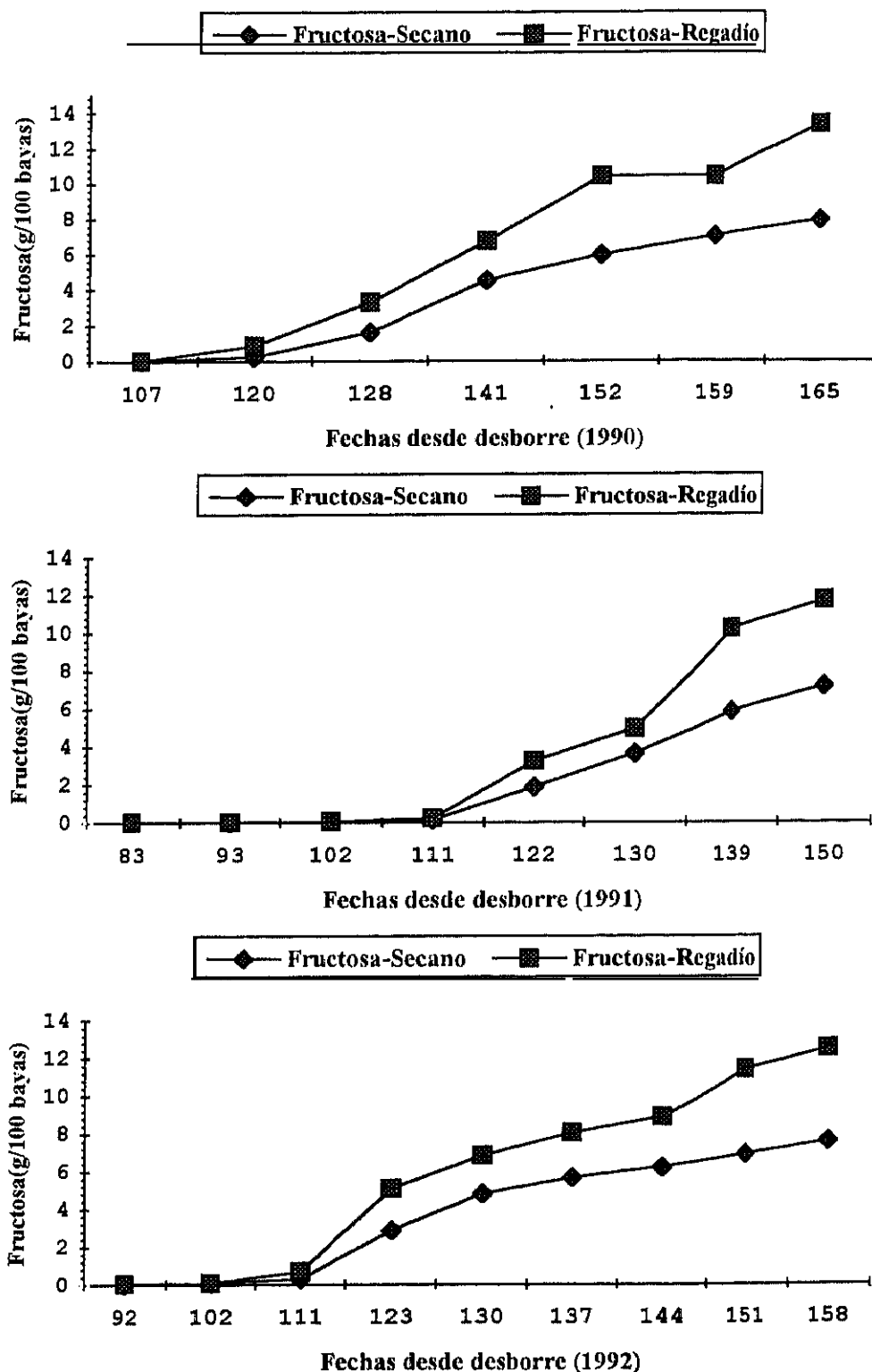


Gráfico 7.- Evolución de la fructosa (g/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



significativas entre tratamientos salvo en tres fechas, 83, 139, y 150 que es el momento de la vendimia (Tabla 96).

C) Estudio de la fructosa en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se inicia con una fase de poco crecimiento hasta la fecha del envero que es cuando se produce el incremento más importante, a partir de aquí la concentración aumenta suavemente durante el periodo de maduración hasta alcanzar el momento final, con valores de 115,5 g/L. Esta evolución queda de manifiesto a través del test de Duncan que señala diferencias significativas entre todas las fechas salvo en las dos primeras, 92-102, y entre las dos últimas, 151-158.

En el tratamiento de secano el comportamiento es paralelo al de regadío, llegando a valores en vendimia de 118,9 g/L. A partir del test de Duncan se deduce que las variaciones que se originan a lo largo de la evolución son significativas excepto en las dos primeras fechas.

Comparando ambos tratamientos se comprueba que los valores de fructosa (g/L) en el tratamiento de secano son en todas las fechas ligeramente superiores a los de regadío, debido a que el estrés acusado hace que el tamaño de la baya en el secano sea mucho menor y las concentraciones en este caso son ligeramente mayores. La incidencia de las distintas condiciones en función del tratamiento elegido no han originado diferencias significativas en ninguna de las fechas entre los dos tratamientos, salvo en las dos primeras: 92 , 102 y en la 130 (Tabla 96).

Las curvas de evolución de la fructosa (g/L) aumentan continuamente a lo largo de todo el periodo de maduración hasta el momento final de la vendimia, siendo a partir del envero cuando el ritmo de crecimiento es mayor y estabilizándose finalmente. Esta estabilización es debido a que el aumento final en la cantidad de azúcares no es tan grande en relación a las fechas anteriores, sin embargo el volumen de la baya sigue aumentando, este modelo de evolución coincide tanto con el de los sólidos solubles totales como con el de la glucosa. El aumento de la concentración en 1992 en el momento del envero es mucho más brusco que en el resto de los años, si bien en este caso va seguido de una estabilización a diferencia de los otros dos años en donde se continúa aumentando hasta alcanzarse valores semejantes en la vendimia. Los valores en el secano son muy próximos a los de regadío y a veces superiores en los dos últimos años, mientras que en 1990 lo son en el regadío. Cuantitativamente los valores de fructosa (g/L) a lo

largo de las distintas fechas de muestreo son diferentes entre los tratamientos según el año que se trate.

Durante los tres años la síntesis de fructosa por las plantas (g/100 bayas) ha seguido un modelo ascendente durante toda la maduración, además de ser superior en los tratamientos de regadío que en los de secano y existiendo, como ocurría con la glucosa, mayores diferencias en esos valores a medida que nos acercamos hacia el momento de la vendimia. Existen diferencias significativas a partir del envero entre ambos tratamientos en esos valores de síntesis, siendo mayor el número de fechas con diferencias en los años 1990 y 1992 que en 1991. Las concentraciones de fructosa (g/L) en el mosto van a depender de dos factores importantes: la cantidad sintetizada de este azúcar por baya y el volumen de dilución; en nuestro caso el tratamiento de regadío es en el que se produce una mayor síntesis aunque también el efecto de dilución es mayor; es decir, sucede lo contrario que en el tratamiento de secano, por tanto hay que valorar cual de los efectos es el que predomina y el que determina la concentración en la vendimia, momento que finalmente nos indicará la calidad del mosto resultante. En 1990 las cantidades de fructosa por baya son muy grandes, superando el efecto de dilución y favoreciendo que la concentración de fructosa sea mayor respecto al secano, en 1991 se van alternando los valores, mientras que en 1992 el déficit hídrico acumulado durante los años anteriores afecta al tamaño de la baya del secano que es mucho más pequeña, provocando un efecto de concentración elevado y haciendo que se superen las concentraciones respecto al regadío. Por tanto el regadío no perjudica el proceso de acumulación de azúcares ni lo retrasa, sino que además de alcanzar concentraciones muy similares se obtienen mayores producciones.

Freeman y Kliever (1980) indican que los efectos del riego sobre la diferencia en la cantidad de azúcares almacenados en las bayas sucede en los inicios del desarrollo, posiblemente en el estado II que es cuando se inicia la acumulación de azúcar.

Se ha realizado análisis de varianza con dos factores, tratamiento y fecha para los tres años (Tabla 131). A lo largo de los tres años se observa que el comportamiento de la fructosa en su evolución en los dos tipos de tratamientos es exactamente el mismo que lo que ocurría con la glucosa, es decir, sólo en 1990 existe diferencias entre los dos tratamientos siendo los valores acumulados en el regadío mayores a los del secano con un nivel de significación del 0,01 existiendo también una influencia conjunta de esos dos factores en los valores de la fructosa en 1990 y 1991 afectándose el modelo de acumulación de este azúcar según el tratamiento empleado.

1.2.1.4.- Evolución de la relación glucosa/fructosa.

Uno de los índices de madurez más estudiados es el que establece la relación existente entre los dos azúcares más importantes que contiene la uva (glucosa y fructosa), los valores desde el envero a vendimia oscilan entre 1,2 y 0,92 y al ser estas variaciones tan poco significativas, esta relación tan poco sensible no debe constituir un índice de maduración único (Tabla 5, Gráfico 8).

A) Estudio de la relación glucosa/fructosa en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa una caída muy brusca desde la primera fecha hasta el envero aproximadamente, a partir de este momento existe una práctica estabilización de la relación hasta el momento de la vendimia con valores finales de 0,98. Con el test de Duncan se muestra que únicamente existen diferencias significativas entre las dos primeras fechas.

En el tratamiento de secano ocurre exactamente lo mismo, salvo que el valor inicial de la relación es menor, aunque el valor alcanzado en vendimia es el mismo 0,98. El test de Duncan indica diferencias entre las tres primeras fechas.

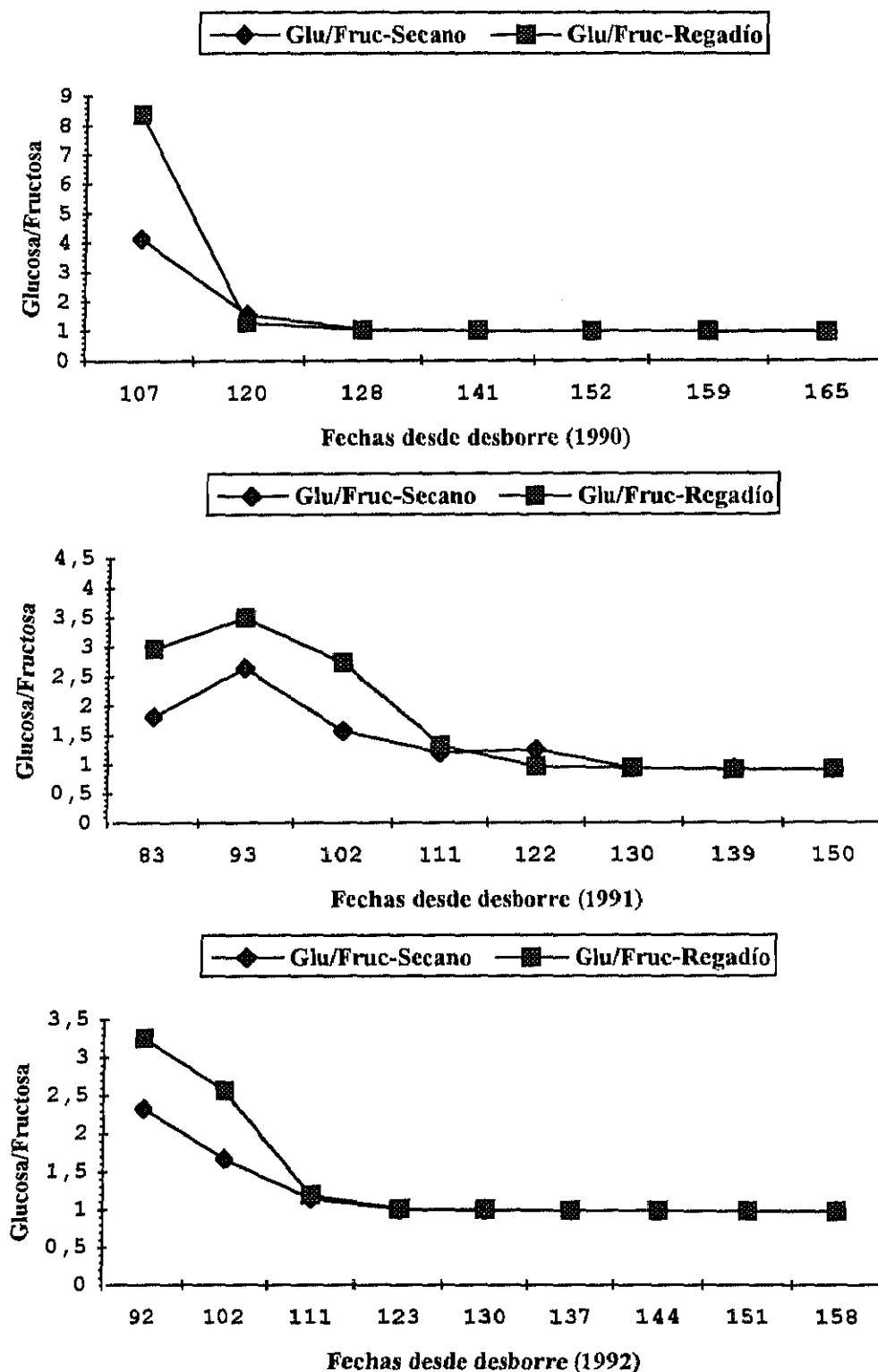
Como ya se describió tanto la glucosa como la fructosa van a aumentar durante todo el proceso de maduración. Con esta relación glucosa/fructosa se muestra que al principio del desarrollo de la baya la concentración de la glucosa es mayor hasta el momento del envero y a partir de ahí y durante toda la maduración el aumento de la fructosa va a tener un mayor ritmo de acumulación frente a la glucosa observando que las concentraciones están prácticamente igualadas hasta la vendimia lo que hace que esa relación disminuya y se aproxime a la unidad.

Se han estudiado los niveles de significación, por el análisis de varianza, en las distintas fechas entre los dos tratamientos, y se ve que en este año existen diferencias significativas en las dos primeras fechas, en la 141 del proceso de maduración y en la fecha de vendimia (Tabla 97).

B) Estudio de la relación glucosa/fructosa en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa un aumento inicial de esa relación y una rápida disminución hasta la fecha del envero, a partir del cual y durante toda la maduración, se inicia una estabilización hasta la fecha de la vendimia en valores de 0,92. El test de Duncan demuestra que no existen diferencias significativas hasta las tres primeras fechas, y a partir de estas fechas

Gráfico 8.- Evolución de la relación glucosa/fructosa del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



tampoco existen diferencias entre si. La única diferencia respecto al año 1990 tiene lugar en la primera fecha donde parece que aumenta más la glucosa, pero luego sigue el mismo proceso.

En el tratamiento de secano se sigue el mismo modelo, si bien los valores de esa relación son más bajos hasta llegar al envero, a partir de aquí se tiende a igualar, llegando a valores finales de 0,91. El test de Duncan muestra que salvo la segunda fecha que es distinta a todas, a partir de la tercera fecha no son significativamente distintas.

En el análisis de varianza para el estudio de las diferencias entre tratamientos, se observa que sólo existen diferencias en tres fechas, 83-102-122 (Tabla 97).

C) Estudio de la relación glucosa/fructosa en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa al igual que en el resto de los años una caída de esa relación hasta el momento del envero, a partir de aquí y durante toda la maduración, existe una total estabilización, llegando a valores de 0,97. El test de Duncan demuestra esas diferencias significativas entre fechas únicamente hasta el envero.

En el tratamiento de secano el modelo seguido es el mismo, siendo diferentes los valores de la relación sólo hasta el envero, llegando a alcanzar valores en vendimia de 0,98. Esto se demuestra con el test de Duncan en el que ocurre lo mismo, es decir, sólo existen diferencias significativas hasta el envero.

En el estudio de las diferencias entre tratamientos a lo largo de cada una de las fechas se observa que sólo existen en las dos primeras fechas y en la fecha 130 de la fase de maduración (Tabla 97).

Observando en las bayas los modelos de acumulación de glucosa y fructosa por separado, se observa que son casi idénticos, aunque no lo son las cantidades absolutas, sin embargo el modelo de evolución de la relación glucosa/fructosa a partir del envero en los dos tratamientos es el mismo y es en el sentido de una estabilización de los valores. Este hecho coincide con la mayoría de los investigadores (Amerine y Thoukis, 1958; Kliwer, 1967) que encontraron que durante el inicio del crecimiento (uvas inmaduras) la concentración de la glucosa es mayor que la de la fructosa, pero a partir del envero la concentración de fructosa va aumentando hasta superar la de glucosa, siendo la fructosa el azúcar mayoritario en uvas sobremaduras. En general la concentración de la fructosa aumenta más que la de glucosa durante el proceso de la maduración, todo ello hace que esa relación se aproxime a la unidad.

Amerine y Thoukis (1958) estudiaron en California sobre 19 variedades el valor de estas relaciones en vendimia obteniendo una media de 0,92 (0,83-1,12). El hecho de que exista mayor proporción de fructosa al final lo explican por un proceso de isomerización de la glucosa y una mayor combustión de ésta.

Este proceso puede ser explicado porque en la primera fase de crecimiento, la planta necesita consumir los hidratos de carbono formados para la formación de sus nuevos tejidos (vegetativos y reproductivos), impidiendo así su acumulación en la baya. En el envero se inicia una actividad fisiológica intensa y también una mayor acumulación de glúcidos, y finalmente a partir del envero se va a detener el crecimiento de la planta, y el fruto llega a la mitad de su tamaño final aproximadamente, por lo que la llegada de azúcares supera al consumo, produciéndose una acumulación de los azúcares en el fruto.

Se ha realizado análisis de varianza con dos factores, tratamiento y fecha para los tres años (Tabla 131). A lo largo de los tres años se observa que el comportamiento de la relación glucosa/fructosa en su evolución es distinto según el tipo de tratamiento que se trate, siendo los valores mayores en el regadío, es decir, tanto la glucosa como la fructosa tienen valores superiores en este tipo de tratamiento. En los tres años tanto en el regadío como en el secano el valor de la relación depende de la fecha de desarrollo de la baya, y además en los tres años existe una influencia conjunta de esos dos factores

1.2.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.

1.2.2.1.- Evolución de los sólidos solubles totales.

El °Brix de los mostos de uva, tienen en ambos casos una tendencia ascendente y prácticamente paralela entre sí durante los tres años (Tabla 48, Gráfico 9).

A) Estudio del °Brix en el mosto de uva en el año 1990.

En el tratamiento en vaso existe un periodo de estacionamiento durante las dos primeras fechas (102-107), y a partir de ese momento se inicia un aumento pronunciado y constante de la cantidad de sólidos solubles, disminuyendo la pendiente de crecimiento al acercarse el momento de la vendimia, finalmente se estabiliza en valores de 23,2 °Brix. El test de Duncan indica que

existen diferencias significativas entre todas las fechas salvo entre las de la fase herbácea y entre las dos últimas.

En el tratamiento de espaldera la evolución desde la primera fecha hasta el momento de la vendimia es prácticamente paralela a la evolución anterior, siendo el valor final de 22,4 °Brix. El test de Duncan puntualiza que existen diferencias significativas entre todas las fechas excepto entre las tres finales.

Comparando ambos tratamientos se comprueba que prácticamente en todas las fechas, los valores de sólidos solubles totales en el vaso son ligeramente superiores a los de espaldera. A través del análisis de varianza se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos en ninguna fecha, excepto en la primera y en el momento de la vendimia (Tabla 94).

B) Estudio del °Brix en el mosto de uva en el año 1991.

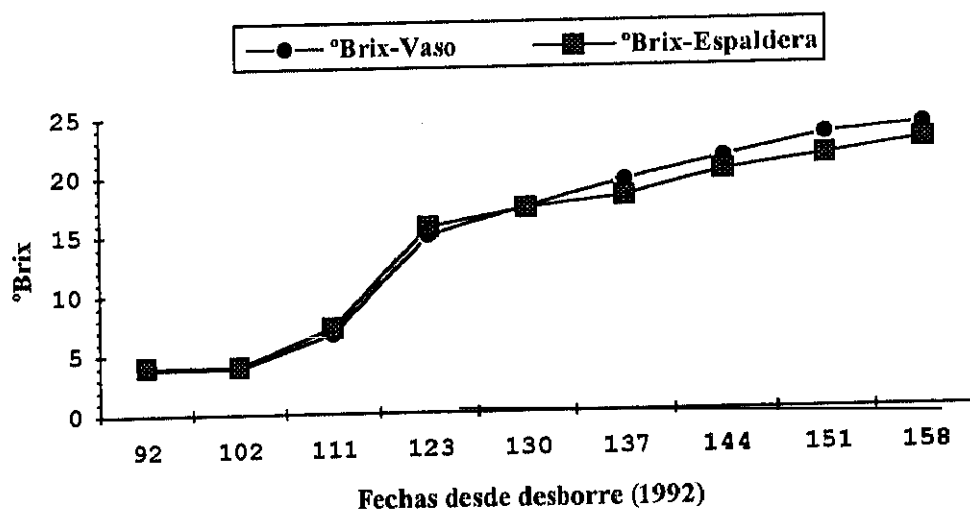
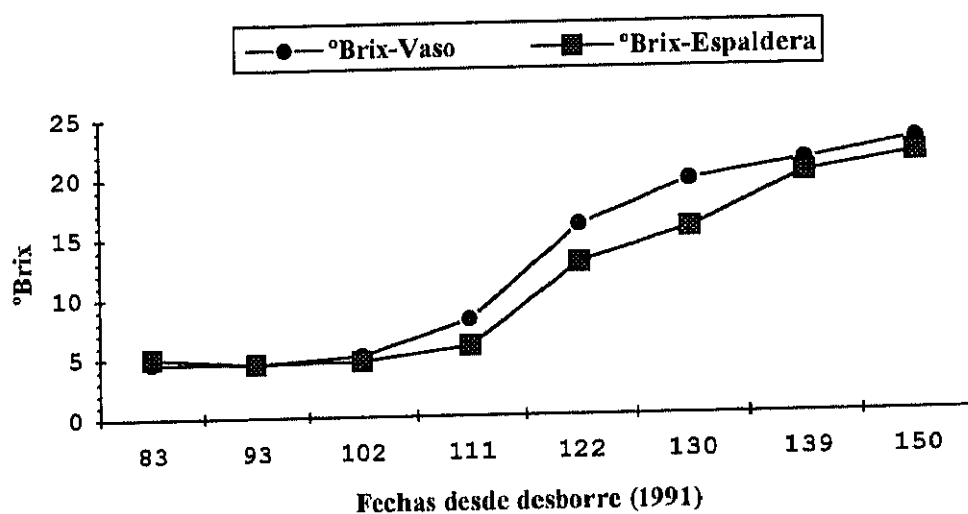
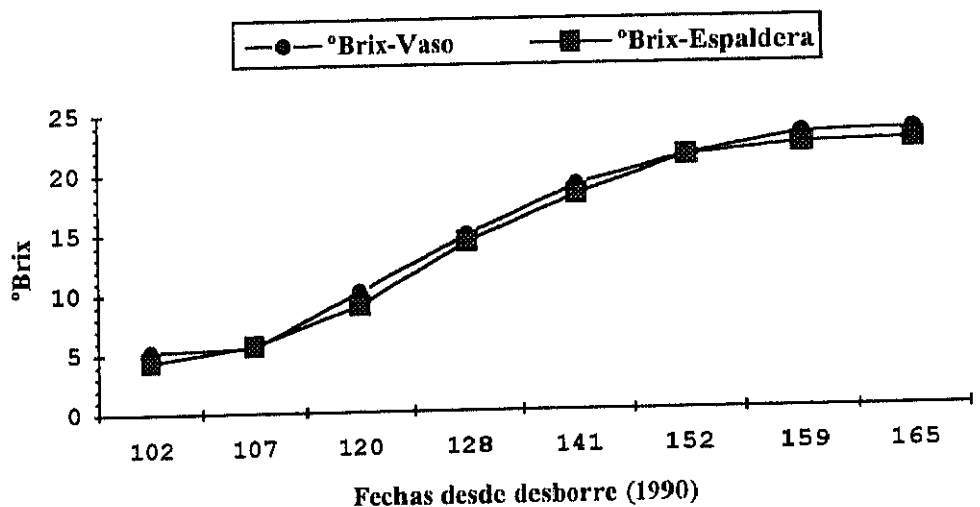
En el tratamiento en vaso existe un periodo de crecimiento prácticamente nulo hasta el momento anterior al envero, en que se observa un incremento de la acumulación de sólidos solubles muy rápido hasta la fecha 130 de la maduración, a partir de la cual y hasta el momento de la vendimia el incremento se realiza con una velocidad inferior, llegando a valores de 22,7 °Brix. El test de Duncan corrobora esta evolución, ya que muestra igualdad de medias entre las fechas de la fase herbácea y a continuación existen diferencias significativas con el resto de las fechas de la maduración.

En el tratamiento en espaldera se observa una estabilización hasta el envero con un posterior aumento que va a continuar hasta la vendimia, alcanzando valores de 21,6 °Brix. El test de Duncan indica las mismas diferencias que en el tratamiento anterior.

Entre ambos tratamientos se observa que los valores de SST en el vaso son mayores a los de espaldera a partir del envero. En el estudio de las diferencias entre los dos tratamientos por el análisis de varianza se observa que van a existir diferencias en las fechas intermedias de la maduración (102-130), en donde existe un mayor distanciamiento de los valores, mientras que no aparecen ni al principio de la fase herbácea ni en los últimos momentos de la maduración (Tabla 94).

C) Estudio del °Brix en el mosto de uva en el año 1992.

Gráfico 9.- Evolución del °Brix del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



En el tratamiento de vaso existe un periodo de estabilización hasta una semana anterior al envero, que es cuando se produce el incremento más pronunciado y a partir de este momento y durante toda la maduración existe un crecimiento continuo, aunque con una menor pendiente, llegando en vendimia a valores finales de 23,8 °Brix. El test de Duncan indica diferencias significativas entre todas las fechas excepto entre las dos primeras de la fase herbácea (92-102) y las dos últimas (151-158).

En el tratamiento en espaldera la evolución sigue el mismo modelo indicado anteriormente a diferencia del valor final alcanzado que es de 22,5 °Brix. El test de Duncan determina las mismas diferencias que en el vaso salvo que existe igualdad de medias entre dos de las fechas intermedias (130-137).

Comparando ambos tratamientos se observa que los valores de SST en el vaso son ligeramente inferiores a los de espaldera hasta la fecha 123 del proceso de maduración, a partir de la cual se produce una inversión de la evolución que se mantiene hasta la vendimia. El análisis de varianza manifiesta que no existen diferencias significativas entre ambos tratamientos en ninguna fecha excepto en dos (137 y 151) (Tabla 94).

El modelo de evolución del °Brix en los dos tipos de tratamientos durante los tres años es muy similar, comportándose de igual forma que en los tratamientos de regadío o secano anteriormente estudiados, es decir, la variedad Tempranillo se caracteriza por tener un periodo de crecimiento lento durante la fase herbácea, acentuándose el aumento a partir del envero, con una estabilización al llegar al final de la maduración. Aparentemente parece que se produce un periodo de estabilización más prolongado en 1991, pero en realidad lo que ocurre es que la fecha del muestreo fue anterior al resto de los años, debido a las condiciones climatológicas de ese año y los precedentes. Por tanto si se observan las curvas a partir del envero en cada uno de los años se puede comprobar que tienen un mismo aspecto, si bien las modificaciones de los perfiles puede ser una característica estacional propia del año. Cuantitativamente los valores suelen ser superiores en el tratamiento en vaso, esto puede ser debido a una mayor actividad fotosintética por parte de la superficie foliar de este sistema de conducción respecto a la espaldera, esto es posible porque su geometría globosa permite que el tiempo de duración de la incidencia de la radiación solar en sus hojas sea superior favoreciendo un mayor tiempo de fotosíntesis. A partir del envero, el tiempo de duración y la intensidad de la radiación solar en las hojas a lo largo del día va siendo mayor, por lo que se favorece un aumento de los sólidos solubles.

Kliewer (1981) indica que desde el inicio del envero hasta que la fruta alcanza la madurez (20-25 °Brix), la parte de la cepa que recibe los azúcares en mayor proporción son los racimos, mientras que los tallos anticipados no constituyen una fuerte competencia, esto justifica el aumento acusado de azúcares que se produce después de la fase herbácea. La mayor o menor competencia depende del estado de desarrollo de la planta y de los factores climáticos: la luz, la concentración de dióxido de carbono, el agua, los nutrientes y la duración del día; cambios en estos parámetros pueden modificar la dirección de los asimilados así como su distribución en el conjunto de la planta.

Sepúlveda y col. (1986) observan que altas temperaturas debido a una mayor exposición durante cuatro o más días pueden causar modificaciones en el movimiento de carbohidratos en las cepas, y esos cambios se relacionan con las distintas respuestas de los diferentes órganos de crecimiento a la temperatura. El aumento del valor de °Brix en estos casos de estrés térmico es debido a un proceso de deshidratación, ya que las diferencias por baya no son significativas.

Se ha realizado análisis de varianza con dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 133) para los tres años. Se observa que la evolución de los °Brix va a estar influida por el tratamiento en 1990 y 1991, siendo el vaso significativamente superior a la espaldera, mientras que en 1992 no existen diferencias entre los dos, si bien en los tres años los valores son diferentes en función de la fecha de la maduración. En el estudio de la interacción de estos dos factores sobre el valor del °Brix se comprueba que en 1990 no existe, mientras que en los años 1991 y 1992 existe una influencia conjunta de esos dos factores afectando el modelo de acumulación.

1.2.2.2.- Evolución de la glucosa.

En el caso del estudio de la glucosa va a tener una tendencia ascendente en los dos tratamientos durante los tres años (Tabla 49, Gráficos 10 y 11).

A) Estudio de la glucosa en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de vaso se produce un continuo aumento con una pendiente muy acusada desde la primera fecha hasta el momento anterior a la vendimia que comienza a estabilizarse, llegando a valores de 117,5 g/L. El test de Duncan corrobora esta evolución marcando diferencias desde la primera fecha hasta vendimia, excepto entre dos fechas de maduración (152-159) periodo en el que se produce una disminución en la pendiente de aumento.

En el tratamiento en espaldera el comportamiento es prácticamente el mismo salvo que en la fecha 159 de la maduración hay una momentánea disminución, pero se recupera posteriormente para llegar en vendimia a valores de 110,6 g/L. El test de Duncan demuestra este proceso, existiendo diferencias entre todas las fechas excepto en últimos momentos de la maduración (152-159).

Los valores de glucosa (g/L) en el tratamiento en vaso son superiores a los de espaldera en todas las fechas. El estudio de los niveles de significación entre tratamientos aportados por el análisis de varianza, muestra que no existen diferencias significativas en ninguna fecha excepto en la 159 (Tabla 95).

B) Estudio de la glucosa en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se observa una estabilización hasta casi la fecha del envero, momento en el que se inicia un incremento muy acusado y cuya pendiente de crecimiento va disminuyendo al acercarnos al momento de la vendimia, estabilizándose en cifras finales de 117,2 g/L. El test de Duncan confirma este crecimiento puesto que existen diferencias entre todas las fechas a partir del envero.

En el tratamiento en espaldera el modelo es muy similar al anteriormente comentado con una diferencia en las fechas intermedias de la maduración, en las que se advierte una pequeña disminución, si bien continúa el aumento hasta la vendimia con valores finales de 109,9 g/L. El test de Duncan presenta las mismas diferencias que en el tratamiento en vaso.

Los valores de glucosa (g/L) son similares entre los dos tratamientos siendo en el vaso superiores a los de espaldera a partir de la fecha 102. En el estudio de las diferencias entre tratamientos se comprueba que existen diferencias en todas las fechas excepto en las dos primeras de la fase herbácea y en la 139 de la maduración (Tabla 95).

C) Estudio de la glucosa en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso existe un periodo inicial de estabilización hasta el envero, seguido de un fuerte incremento con una pendiente muy pronunciada, si bien a partir de ese momento y durante toda la maduración el crecimiento progresivo hasta vendimia presenta una velocidad de aumento inferior a la fase anterior, alcanzando al final valores de 118,6 g/L. El test de Duncan muestra diferencias significativas entre todas las fechas excepto entre las dos primeras y entre las dos últimas.

Gráfico 10.- Evolución de la glucosa (g/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

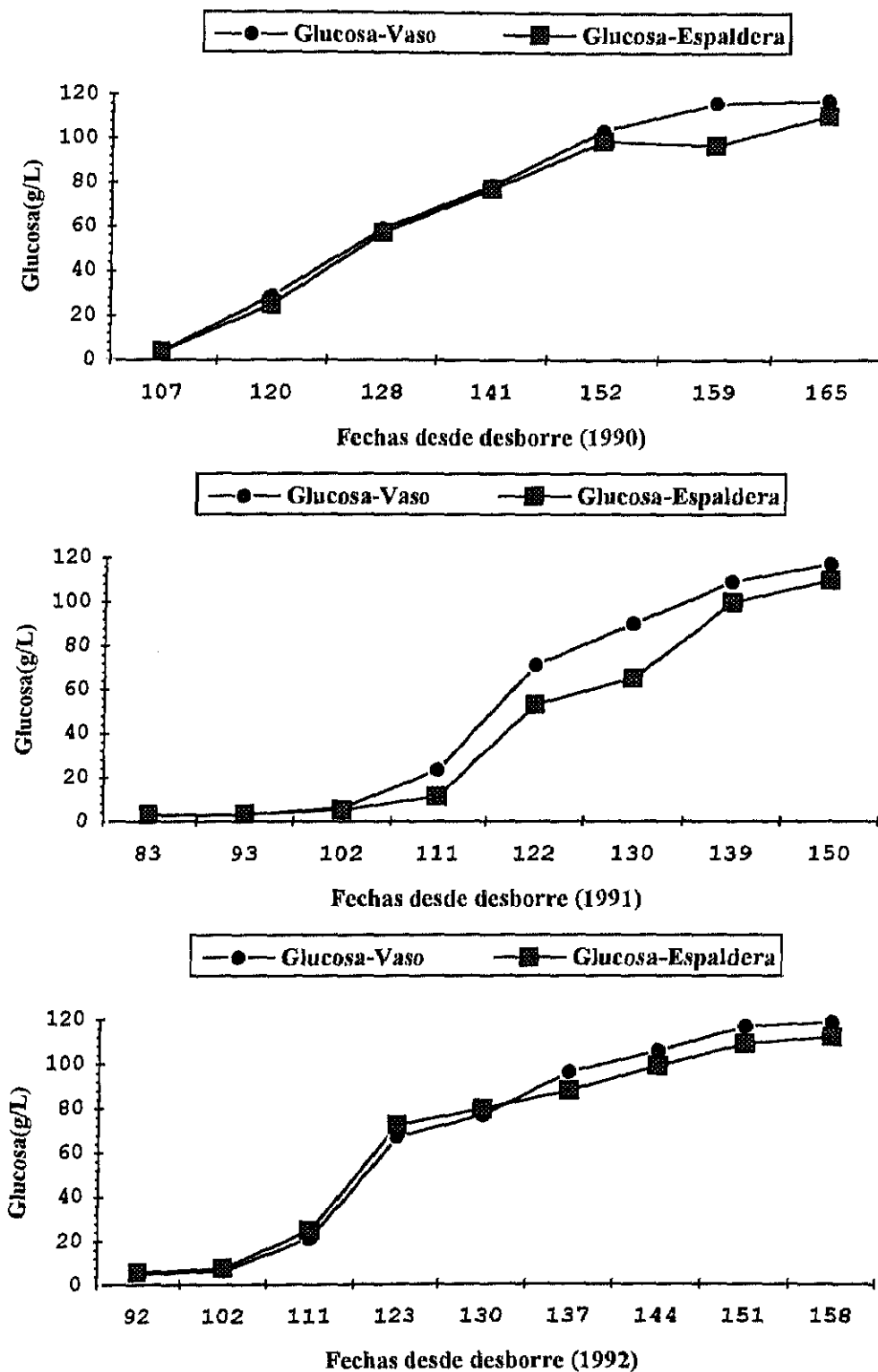
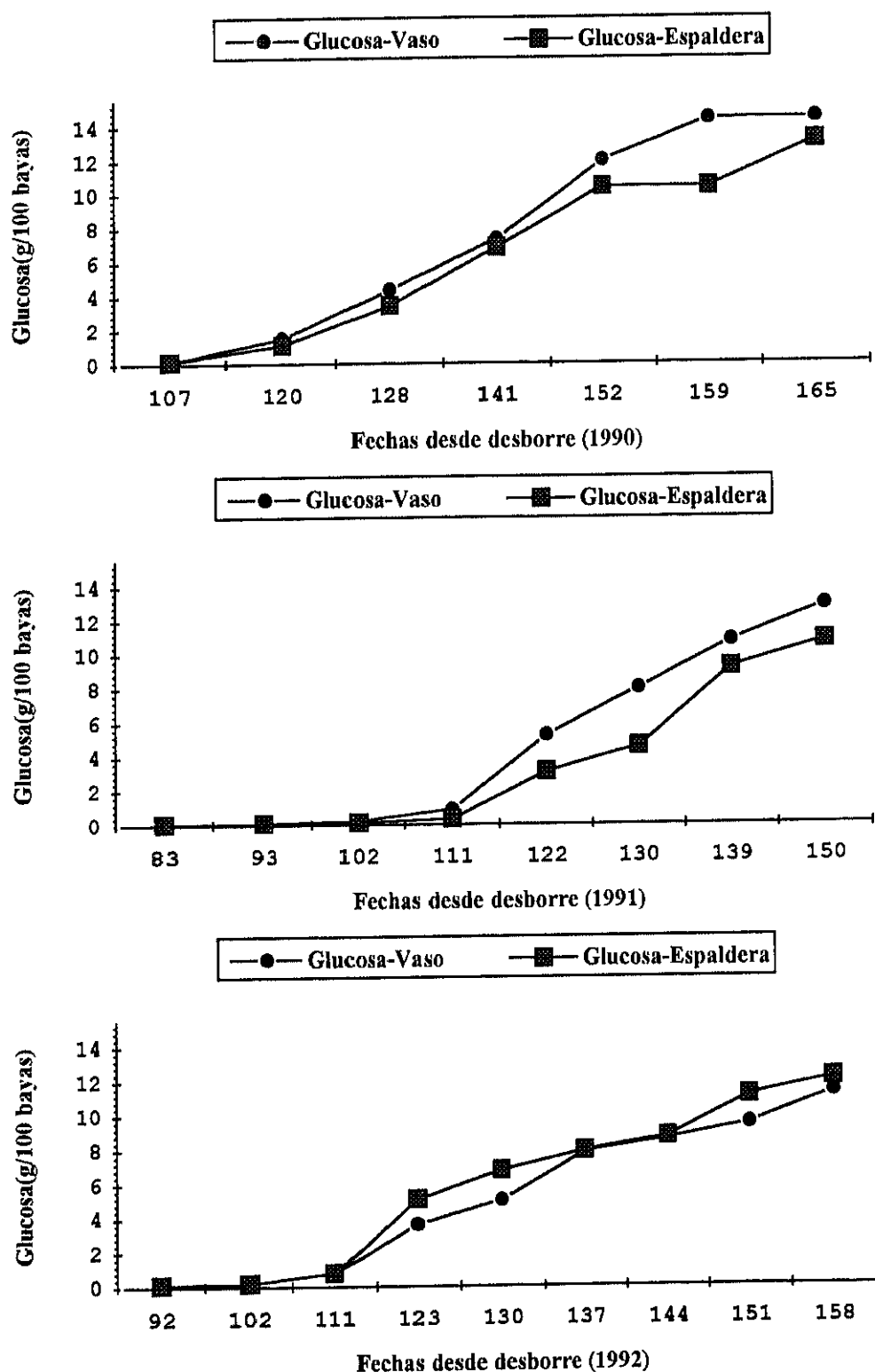


Gráfico 11.- Evolución de la glucosa (g/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



El tratamiento en espaldera sigue el mismo modelo que el del vaso, y así también lo podemos comprobar con el test de Duncan, con la única diferencia que aparecen dos fechas intermedias (123-130) con valores iguales.

Comparando los dos tratamientos se comprueba que los valores de glucosa (g/L) en el tratamiento en vaso son menores a los de espaldera hasta la fecha 137, a partir de la cual se invierten los valores y el vaso supera a la espaldera hasta vendimia. Este año se diferencia del resto ya que la glucosa en el vaso no es mayor que la de la espaldera desde las fechas iniciales de muestreo. En el estudio de las diferencias a lo largo de las distintas fechas entre los dos tratamientos, se comprueba que desde el envero hasta la vendimia no existen diferencias significativas (Tabla 95).

La tendencia general de la evolución de la glucosa (g/L) a lo largo de los años y en los dos tratamientos es de aumento, fundamentalmente, a partir del envero que es cuando se inicia un incremento acentuado, disminuyendo la velocidad de crecimiento al aproximarse a la fecha de la vendimia, siendo ligeramente superiores los valores en el vaso que en la espaldera.

En el estudio de la síntesis de la glucosa (g/100 bayas) a lo largo de los años se comprueba que durante 1990 y 1991 las cantidades son mayores en el vaso, principalmente a partir del envero, sucediendo lo contrario en 1992; se observa que sólo aparecen diferencias entre tratamientos en algunas fechas intermedias de la evolución.

Los resultados anteriores explican que la mayor acumulación de glucosa (g/L) en el vaso se debe, a una mayor síntesis en este tratamiento debido a una actividad fotosintética más elevada debido posiblemente a una mejor iluminación de las hojas próximas a los racimos, o bien a una mayor translocación de dicho azúcar. Además, la disposición del follaje en el sistema de conducción en la espaldera, en un plano vertical, origina que una mayor proporción de superficie foliar esté sombreada y reciba durante menos tiempo la intensidad luminosa. El hecho de que la evolución del peso de la baya en el vaso sea superior a la espaldera, debido al mayor sombreado en los racimos del vaso, es lo que favorece un acercamiento de las concentraciones entre los dos sistemas de conducción durante los dos primeros años en casi todas las fechas.

Se ha realizado el análisis de varianza con dos factores, tratamiento y fecha para los tres años (Tabla 133). En los tres años de estudio se observa que sólo en 1990 y 1991 existen diferencias significativas en los valores acumulados por la glucosa en función del tratamiento, siendo en estos dos años los valores en el vaso superiores a los de espaldera ($p \leq 0,01$), mientras

que en 1992 no existen diferencias, lo mismo que ocurría con los SST, además los valores son diferentes según la fecha y el año que se estudie. También se observa que en 1991 y 1992 existe interacción de estos dos factores, afectándose el modelo de acumulación de la glucosa según el sistema de conducción elegido, mientras que no ocurre así en 1990.

1.2.2.3.- Evolución de la fructosa.

En el caso de la fructosa ocurre un proceso muy semejante al de la glucosa (Tabla 50, Gráficos 12 y 13).

A) Estudio de la fructosa en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa un crecimiento muy acentuado desde la primera fecha hasta el momento anterior a la vendimia, estabilizándose en valores de 119,5 g/L. El test de Duncan confirma este proceso ya que existen diferencias significativas entre todas las fechas excepto entre las dos últimas, donde se ha producido un mantenimiento de las cifras.

En el tratamiento en espaldera el proceso es igual al anterior, salvo que al llegar a la fecha 159 existe una ligera disminución, aunque rápidamente continúa aumentando hasta llegar en vendimia a valores de 112,7 g/L. El test de Duncan muestra las mismas diferencias que en el vaso excepto que la igualdad de medias esta vez se encuentra entre las fechas 152-159 de la maduración.

Se observa que los datos de fructosa (g/L) en el vaso son ligeramente superiores a los de espaldera. Al analizar los niveles de significación entre los dos tratamientos por el análisis de varianza se deduce que no existen diferencias en ninguna fecha excepto en la 159 (Tabla 96).

B) Estudio de la fructosa en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso existe un periodo de estabilización hasta la fecha anterior al envero, momento en el que se produce un aumento de acusada pendiente, que va seguido de un crecimiento más moderado hasta la vendimia, alcanzando valores finales de 127,6 g/L. El test de Duncan confirma esta evolución ya que existen diferencias entre todas las fechas a partir del envero.

El tratamiento en espaldera sigue el mismo modelo hasta el envero, a partir de esta fecha empieza a crecer continuamente hasta el final, con una única diferencia respecto al anterior tratamiento en la fecha 139, en la que se aprecia un incremento menos pronunciado, llegando en

Gráfico 12.- Evolución de la fructosa (g/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

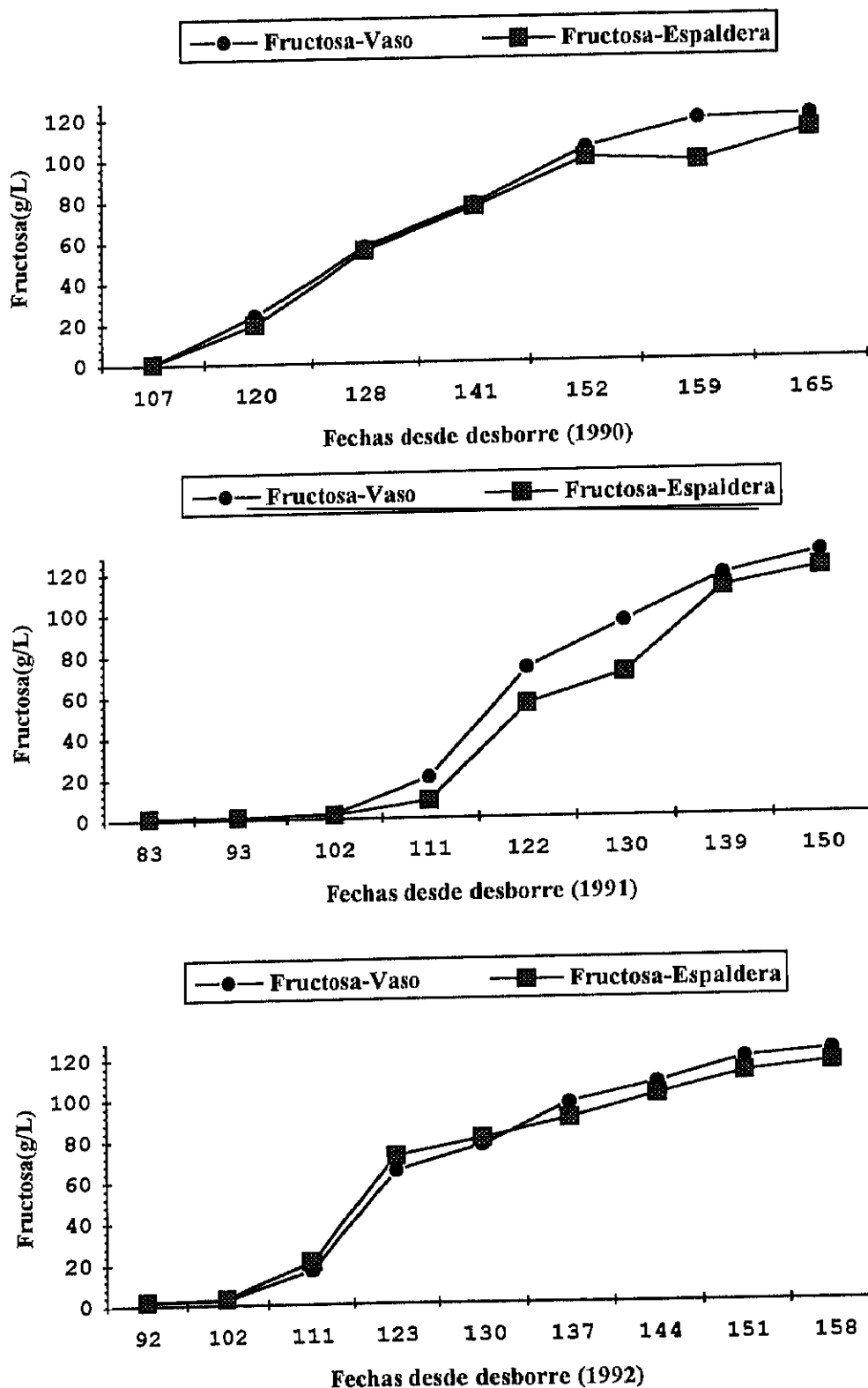
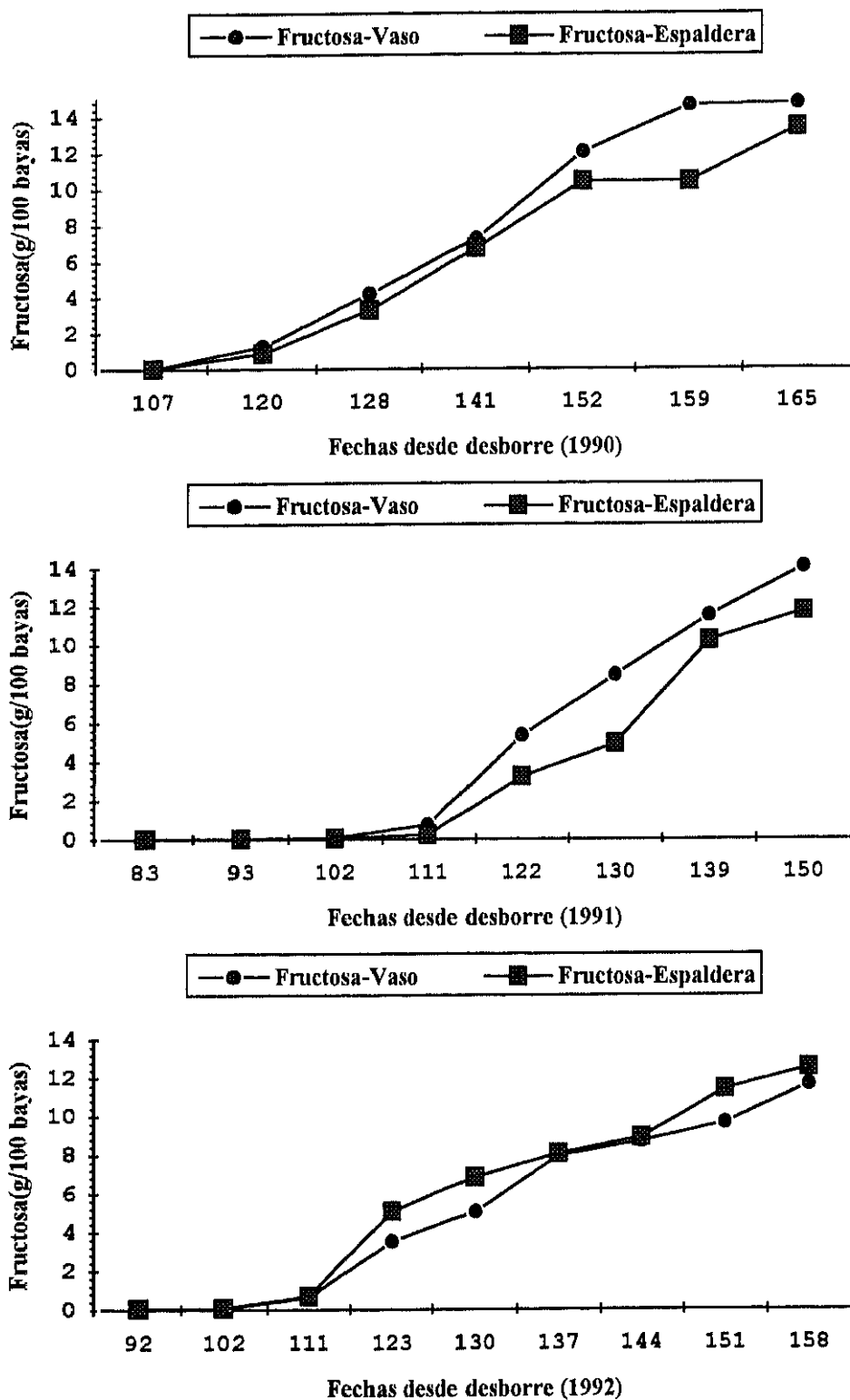


Gráfico 13.- Evolución de la fructosa (g/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



vendimia a cifras de 119,9 g/L. El test de Duncan indica las mismas diferencias que en el vaso.

Entre ambos tratamientos se observa que los valores de fructosa en el vaso (g/L) son superiores a los de espaldera. En el estudio de las variaciones entre tratamientos por el análisis de varianza se observan diferencias significativas a partir del envero en todas las fechas, salvo en la fecha 139 de la maduración (Tabla 96).

C) Estudio de la fructosa en el mosto de uva en 1992

En el tratamiento en vaso la evolución se inicia con un lento crecimiento durante las primeras fechas de la fase herbácea, y es a partir del envero cuando se produce un incremento acentuado de concentración, que va seguido durante toda la maduración hasta vendimia de un crecimiento continuado, si bien tiene un ritmo menor, alcanzando al final de la maduración valores de 121,8 g/L. El test de Duncan corrobora esta evolución ya que encuentra diferencias entre todas las fechas a partir de la 102 hasta el momento anterior a la vendimia.

El tratamiento en espaldera sigue la misma tendencia que en el caso anterior, si bien el valor final en este caso es de 115,5 g/L. Así mismo el test de Duncan indica exactamente las mismas diferencias entre fechas.

Comparando los dos tratamientos se ve que al principio el valor de la fructosa (g/L) en el tratamiento en espaldera es superior al del vaso hasta la fecha 137, momento en el que el vaso supera a la espaldera y continúa así hasta la vendimia. En el estudio por el análisis de la varianza de las diferencias entre tratamientos, se comprueba que no existe ninguna fecha con variaciones significativas a excepción de la fecha 102 (Tabla 96).

La tendencia de la evolución de la fructosa (g/L) es muy similar a la de la glucosa, siendo además los valores en el vaso superiores a los de espaldera en los tres años, fundamentalmente a partir de las últimas fechas de la maduración. Los incrementos son suficientemente elevados como para superar el efecto de dilución propio del crecimiento de la baya en los dos tratamientos.

En el estudio de la síntesis o translocación de la fructosa (g/100 bayas) se observa que los mayores incrementos se producen a partir del envero y no van a cesar hasta el momento de la vendimia, siendo en 1990 y 1991 los valores superiores en el vaso, mientras que en 1992 ocurre al revés. Observando por el análisis de varianza que en ningún año aparecen muchas diferencias y en 1991 es cuando existe el mayor número de fechas con diferencias significativas entre tratamientos, es decir, la síntesis en los dos tratamientos es muy similar por lo que las

concentraciones finales (g/L) en el mosto van a depender fundamentalmente de aquellos factores que produzcan una mayor o menor dilución de los componentes. El que la síntesis de la fructosa sea superior en el vaso respecto a la espaldera responde a los mismos efectos ya comentados para el caso de la glucosa.

La fotosíntesis de las hojas depende de la demanda de asimilados por el resto de la planta, así si disminuye la demanda también lo hace la fotosíntesis, ya que es un fenómeno que se relaciona con la acumulación de sustancias. Existen distintos factores que pueden afectar la actividad fotosintética y por tanto a la acumulación de fotosintatos en las uvas, como es la intensidad luminosa que llega a las hojas del canopy, y así al tener el vaso una geometría mejor adaptada para recibir mayor proporción de radiación solar en la superficie foliar sintetizar mayor proporción de azúcares.

Se ha realizado análisis de varianza de dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 133) para los tres años. En los tres años de estudio se observa que las variaciones a nivel de tratamientos, de fechas así como la interacción de ambos factores son exactamente igual que en el caso de la glucosa y con los mismos niveles de significación.

1.2.2.4.- Evolución de la relación glucosa/fructosa.

Se estudia la evolución de este índice de madurez en los dos tratamientos a lo largo de los tres años, teniendo una tendencia descendente (Tabla 51, Gráfico 14).

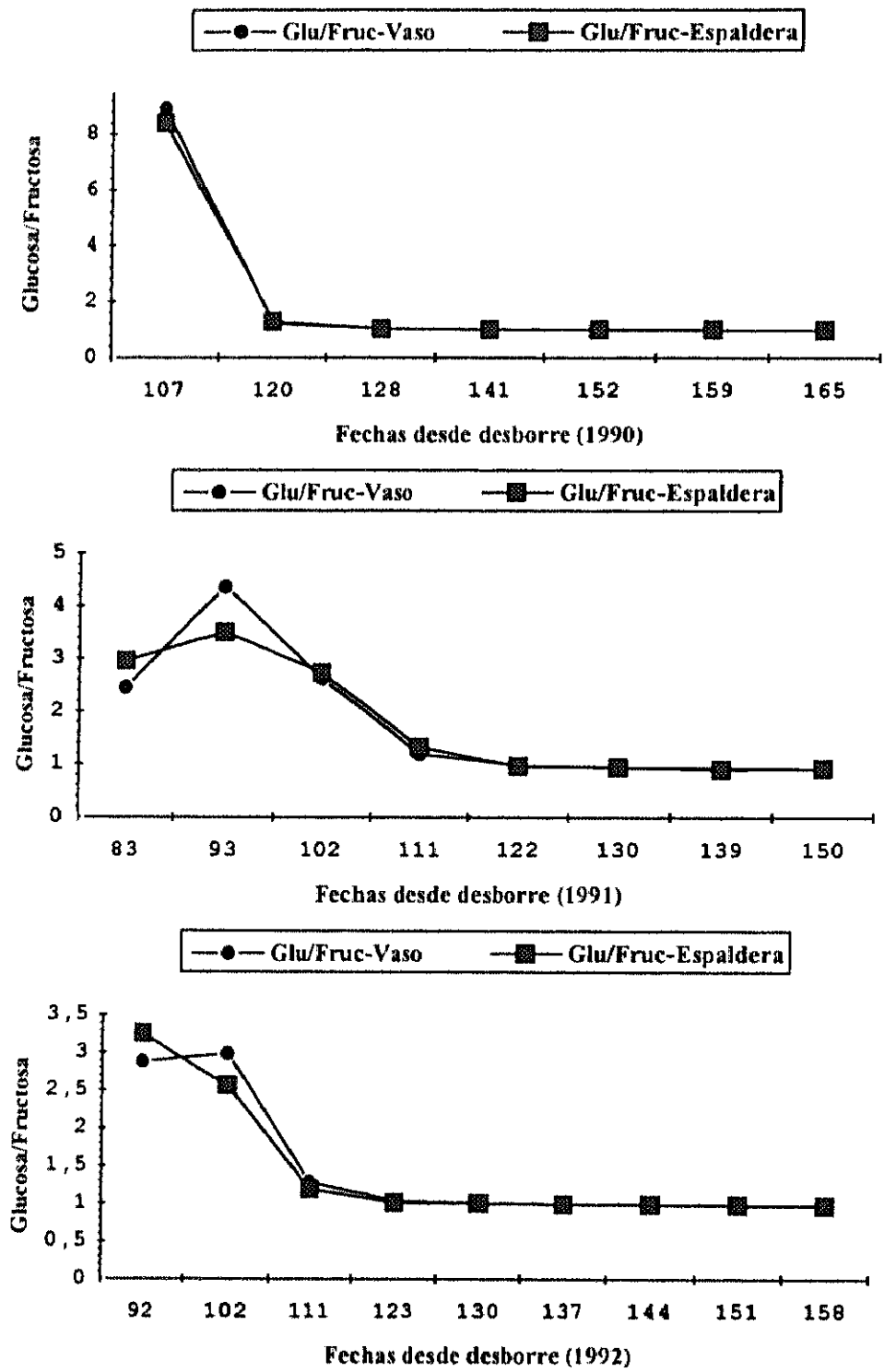
A) Estudio de la relación glucosa/fructosa en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa una caída muy brusca desde el inicio del muestreo hasta el momento del envero aproximadamente, a partir de esta fecha y durante toda la maduración se produce una estabilización de la relación hasta el momento de la vendimia, alcanzando valores de 0,98. El test de Duncan confirma este proceso ya que muestra igualdad de medias entre todas las fechas a partir de la fecha 120.

El modelo seguido por el tratamiento en espaldera es exactamente el mismo al anterior desde el inicio hasta vendimia, incluso alcanzando los mismos valores finales de 0,98. El test de Duncan muestra las mismas diferencias que en el caso anterior.

En el estudio de los niveles de significación proporcionado por el análisis de varianza entre ambos tratamientos a lo largo de las fechas de muestreo, se observa que no existen diferencias significativas en ninguna de ellas salvo en la fecha 120 y 159 (Tabla 97).

Gráfico 14 - Evolución de la relación glucosa/fructosa del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



B) Estudio de la relación glucosa/fructosa en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se produce un aumento durante los diez primeros días pero en seguida existe un descenso rápido y pronunciado hasta el envero, fecha a partir de la cual se produce una estabilización hasta el final del proceso de maduración al que se llega a valores de 0,92. El test de Duncan corrobora el proceso puesto que no existen diferencias a partir del envero y únicamente aparecen entre dos de las fechas de la fase herbácea

En el tratamiento en espaldera se observa un ligero aumento, aunque no tan acusado como en el vaso, seguido de un descenso rápido hasta el envero, continuando con una estabilización hasta la vendimia, para llegar a valores de 0,92 iguales a los del anterior tratamiento. El test de Duncan indica semejanzas entre las tres primeras fechas, diferenciándose así del resto de las fechas de la maduración que son iguales entre si

Comparando los dos tratamientos se observa que los valores son muy próximos entre si, observando por el análisis de varianza que no existen diferencias significativas entre tratamientos en ninguna fecha salvo en la primera (Tabla 97)

C) Estudio de la relación glucosa/fructosa en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa un mantenimiento inicial de los valores seguido de un descenso rápido hasta el envero, momento en el que se empieza una estabilización que va a continuar hasta el final de la maduración, con valores en vendimia de 0,97. El test de Duncan confirma que a partir del envero no existen diferencias significativas entre ninguna de las fechas

En el tratamiento en espaldera se observa un descenso desde la primera fecha hasta el envero, y a continuación sucede lo mismo que en el tratamiento en vaso, siendo iguales los valores finales de 0,97. El test de Duncan indica las mismas diferencias que en el caso anterior.

Entre ambos tratamientos se observa al igual que en los otros años una semejanza en los valores conseguidos, no van a existir diferencias entre tratamientos excepto hasta la fecha posterior al envero (123) y en la fecha 144 (Tabla 97).

La tendencia general de la evolución de esta relación en los dos tratamientos y en cualquiera de los tres años de estudio es de una estabilización a partir del envero, y según el valor de esa relación se puede observar que la glucosa en los dos tipos de tratamientos alcanza durante la fase herbácea valores que oscilan entre tres a cinco veces superiores a los de la fructosa,

mientras que a partir del envero los valores se aproximan y la relación tiende a la unidad. El tipo de sistema de conducción elegido no influye en las concentraciones alcanzadas en cada momento, esto indica que las pendientes de crecimiento a partir del envero de las dos hexosas son muy parecidas en los dos tratamientos.

Ribèreau-Gayon (1975) observa que la glucosa generalmente predomina durante la fase herbácea (85%) y en los estados iniciales de crecimiento de la baya, mientras que en los últimos estadios de maduración las dos hexosas están prácticamente en las mismas concentraciones.

A partir del análisis de varianza con dos factores, fecha y tratamiento, para los tres años (Tabla 133), se comprueba que en ninguno de ellos los valores de esta relación están influidos por el tipo de tratamiento escogido, si bien se puede considerar que los valores a lo largo de las distintas fechas según el año que se trate alcanzan cifras diferentes. Además en los años 1991 y 1992 existe una interacción de los dos factores sobre los valores de ese índice, afectando el modelo de evolución según el tratamiento utilizado.

1.3.- EVOLUCION DEL PH Y DE LA ACIDEZ.

Se ha analizado la acidez del mosto, tanto de forma total como individualizada (HPLC), así como el pH en todos los momentos de muestreo durante los tres años de experiencia.

Los ácidos mayoritarios analizados son el málico, tartárico y cítrico. Las gráficas nos muestran la tendencia de cada uno de ellos así como de sus relaciones.

1.3.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO.

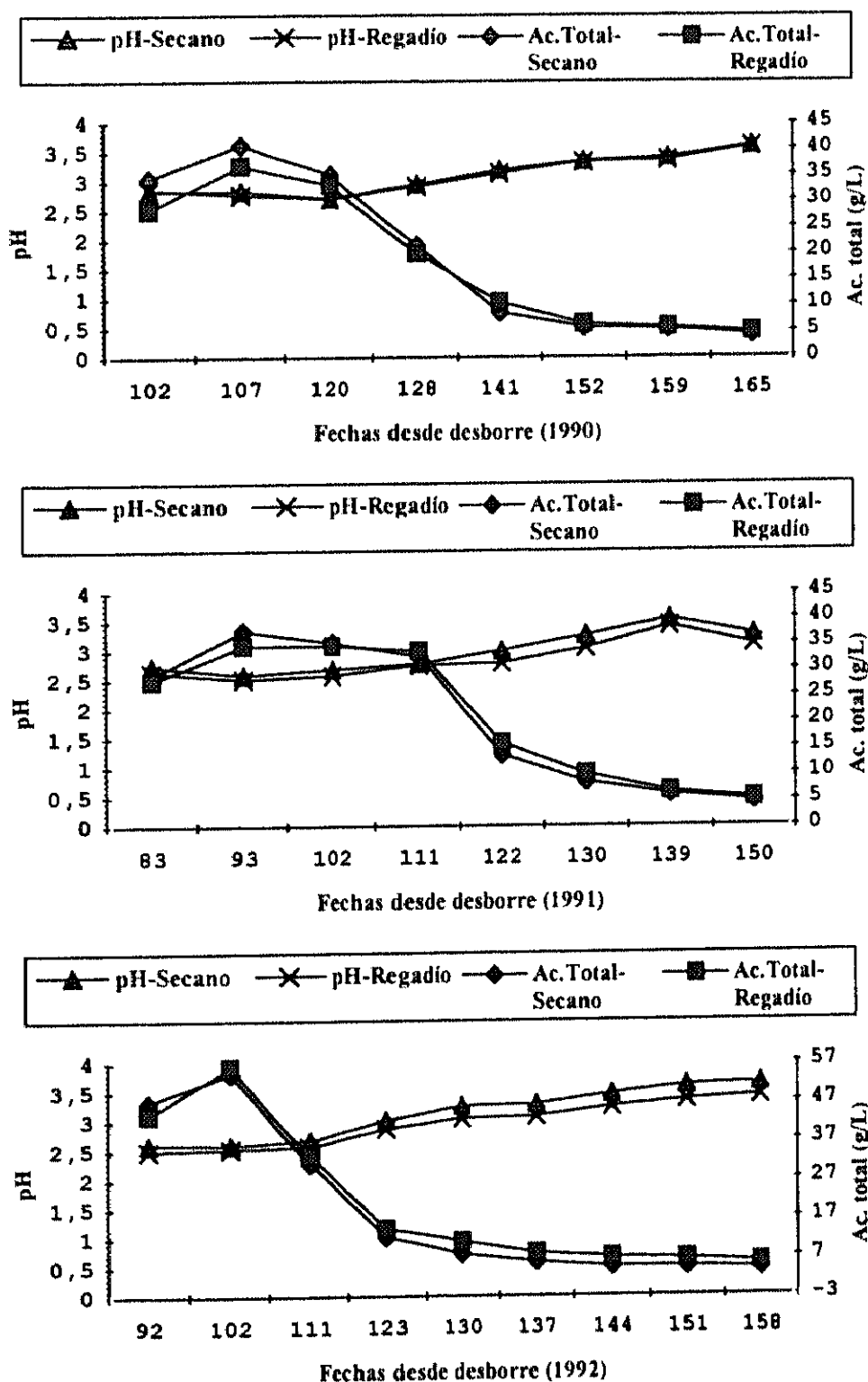
1.3.1.1.- Evolución del pH.

El pH tiene una tendencia ligeramente ascendente, en los dos tratamientos, en los tres años (Tabla 6, Gráfico 15).

A) Estudio del pH en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadio se observa una ligera disminución del pH, hasta la fecha del envero, a partir de este momento hay un aumento durante toda la maduración hasta la fecha de la vendimia, llegando a valores de 3,59. El test de Duncan muestra que sólo existen diferencias significativas desde el envero hasta la fecha anterior a la vendimia.

Gráfico 15.- Evolución de la acidez total y pH del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



En el tratamiento de secano se observa un comportamiento prácticamente idéntico al ya descrito, alcanzando al final valores de 3,61. En el test de Duncan se observa lo mismo, es decir, diferencias desde el envero, salvo entre las fechas 152-159 de la maduración.

Entre los dos tratamientos se observan tendencias y valores casi iguales aunque ligeramente inferiores en el regadio. Se han estudiado los niveles de significación, en cada fecha de muestreo entre los dos tratamientos, obtenidos por el análisis de varianza, observando que en el año 1990 en ninguna fecha existen diferencias significativas en los valores del pH (Tabla 98).

B) Estudio del pH en el mosto de uva en 1991

En el tratamiento de regadio se ve una disminución del valor del pH hasta la fecha del envero, momento en el que empieza un aumento hasta la fecha anterior a la vendimia en que decrece el valor hasta 3,10. Las ligeras fluctuaciones de esta evolución muestran solamente algunas diferencias entre las distintas fechas, según se observa en el test de Duncan.

En el tratamiento de secano se observa la misma tendencia que en el regadio, salvo en el valor final alcanzado de 3,28. En el test de Duncan se observan diferencias desde el envero hasta el momento anterior a la vendimia.

Se comprueba que los valores en el tratamiento de secano son superiores a los de regadio. Por el análisis de varianza se observa que si bien las evoluciones del pH en ambos tratamientos son muy próximas, únicamente en tres fechas no aparecen diferencias (Tabla 98).

C) Estudio del pH en el mosto de uva en 1992

En el tratamiento de regadio se observa un aumento continuo desde la primera fecha hasta la vendimia. Es un aumento muy suave, llegando a valores finales de 3,42. El test de Duncan manifiesta que las diferencias entre fechas son significativas en el intervalo comprendido desde el envero hasta tres fechas antes de la vendimia.

En el tratamiento de secano se ve un comportamiento paralelo, es decir, una estabilización hasta el envero, y a partir de aquí un ligero aumento hasta el final del muestreo, con valores de 3,64. Esto se puede comprobar con el test de Duncan que valora que las diferencias encontradas entre las tres primeras fechas no son significativas, y si durante la maduración hasta la fecha anterior a la vendimia.

Entre los dos tratamientos se muestra cómo son mayores los valores de secano frente a los de regadio en todas las fechas. Para comprobar si existen diferencias significativas se hizo el

análisis de varianza y se observa que existen diferencias en todas las fechas, excepto en la 102 (Tabla 98).

Se observa que la evolución del pH a lo largo del proceso de maduración de las bayas, independientemente del tratamiento utilizado, sigue una curva ascendente suave siendo a partir del enero cuando el ritmo de crecimiento es ligeramente mayor. El aumento de pH durante la maduración puede ser un buen indicador del momento óptimo de vendimia, y aunque los valores de pH en todo momento de la evolución se pueden considerar ácidos, lo que está ocurriendo es una disminución de la acidez y por tanto un aumento del pH, si bien esos valores se encuentran dentro de los adecuados para la posterior vinificación.

Según Hrazdina y col. (1984) los cambios en el pH de las bayas es causado por el equilibrio entre el metabolismo de los ácidos mayoritarios y la acumulación de ciertos cationes que transforman los ácidos libres en sus correspondientes formas salificadas. El pH se midió en el extracto homogeneizado, mostrando una curva de tendencia similar a la de los sólidos solubles totales, es decir, en las bayas en desarrollo el pH permanece constante que va seguido de un aumento rápido hasta la fecha de la vendimia.

Iland y col. (1988) identificaron unos cristales en el interior de los tejidos de la baya como sales de tartárico, gracias a distintas extracciones de los ácidos de las bayas, comprobándose que sólo el tartárico es el que pasa a sales durante la maduración. Ruffner (1982) observó que la relación de las sales de tartárico y las formas libres como ácidos es una característica importante del zumo de uva, ya que ésta junto con la cantidad de ácido málico determinan el pH del mosto. Es decir, durante la maduración de las bayas, la relación de sales ácidas con ácidos libres aumenta y eso provoca el continuo incremento del pH. Las comparaciones de las relativas cantidades de ácidos y las sales de los ácidos, sólo son válidas cuando las frutas están en el mismo estado de madurez.

Se ha realizado análisis de varianza con dos factores, tratamiento y fecha, para los tres años (Tabla 131). Se observa que el comportamiento del pH en su evolución en los dos tratamientos es distinto según el año de que se trate, cuantitativamente en cualquier año los valores en el regadio son inferiores a los de secano, si bien sólo en 1991 y 1992 existen diferencias significativas entre tratamientos. En los tres años tanto en el regadio como en el secano el valor del pH es distinto según la fecha de desarrollo de la baya. En los años 1990 y 1991 no existe interacción entre tratamiento y fecha, mientras que en 1992 sí se observa.

existiendo por tanto una influencia conjunta de esos dos factores en los valores de pH alcanzados a lo largo de su evolución

1.3.1.2.- Evolución de la acidez total.

La evolución de la acidez total es descendente, en los dos tipos de tratamientos y durante los tres años (Tabla 7, Gráfico 15).

A) Estudio de la acidez total en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se muestra un aumento inicial, pero a continuación se produce una disminución que va a ser pronunciada desde el envero hasta la fecha 141 de la maduración, a partir de la cual la disminución hasta la vendimia es ligera para estabilizarse prácticamente en valores de 4,84 g/L. El test de Duncan confirma que las diferencias son significativas hasta las tres últimas fechas.

En el tratamiento de secano el modelo seguido es el mismo, un aumento inicial hasta el envero con una disminución rápida que termina con una estabilización de los valores en 4,28 g/L. El test de Duncan señala lo mismo que en el regadío, es decir, diferencias significativas excepto en las tres últimas fechas.

Comparando los dos tratamientos se observa que los valores del tratamiento de secano están por encima de los del regadío hasta la fecha 128, momento en el que se invierte el proceso hasta la vendimia. Se han estudiado, a través del análisis de varianza, las diferencias entre los dos tratamientos durante todas las fechas, en este año van a existir diferencias significativas excepto en tres fechas. 120-128-159 (Tabla 99).

B) Estudio de la acidez total en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa un incremento inicial, seguido de una estabilización hasta el envero, momento en el que se produce una caída rápida de la acidez, seguido durante el resto del proceso de maduración de una disminución hasta estabilizarse en la vendimia en 5,30 g/L. El test de Duncan muestra de nuevo que no existen diferencias entre las fechas iniciales y entre las dos últimas fechas, donde se produce un mantenimiento de los valores.

En el tratamiento de secano existe un aumento inicial, seguido también de una disminución muy lenta casi estable y a partir del envero, como en el caso anterior, decrecen los valores rápidamente y siguen disminuyendo durante la maduración aunque más lentamente para

estabilizarse finalmente en 4.78 g/L. A partir del test de Duncan se deduce, como antes, diferencias desde el envero hasta la fecha anterior a la vendimia.

Comparando los tratamientos se comprueba que los valores en el secano son superiores a los de regadío hasta el envero, momento en que se invierte el proceso hasta el momento final de la vendimia. En 1991 la evolución de este parámetro ha sido muy próxima en ambos tratamientos no existiendo diferencias entre ambos en ninguna fecha salvo en la 130 y 150 (Tabla 99).

C) Estudio de la acidez total en el mosto de uva en 1992

En el tratamiento de regadío se ve un aumento desde la fase herbácea al envero, seguido de un descenso brusco hasta la fecha 130 de la maduración, a continuación le sigue una disminución hasta la vendimia pero con una pendiente menor, llegando a valores finales de 5.45 g/L. En el test de Duncan se muestran diferencias significativas precisamente hasta la fecha 137, a partir de la cual y hasta vendimia se confirma que los valores son muy semejantes entre sí.

En el tratamiento de secano el modelo seguido es el mismo, llegando a valores finales de 3.91 g/L. El test de Duncan muestra únicamente diferencias hasta la fecha 130.

Comparando los dos tratamientos se ve que salvo en la primera fecha, los valores en el secano son inferiores a los de regadío, al revés que ocurre en los otros años, probablemente debido no a la mayor cantidad de ácidos en las bayas sino al menor tamaño de éstas respecto al regadío, provocando así un aumento de la concentración de los ácidos en el secano. En 1992 van a existir diferencias en todas las fechas de muestreo entre los dos tratamientos excepto en las tres primeras fechas (Tabla 99).

Se observa que la evolución de la acidez a lo largo del proceso de maduración de las bayas en todos los casos sigue un modelo característico, que se inicia con un aumento continuado hasta llegar al envero alcanzando en ese momento los valores más elevados, propios del año que se estudia, a continuación se empieza un descenso muy pronunciado e ininterrumpido hasta el final de la maduración, en el que los valores mínimos conseguidos se pueden considerar como un carácter fisiológico de la variedad. Cuantitativamente los valores de acidez (g/L) a lo largo de las distintas fechas de muestreo son diferentes entre los tratamientos según el año que se trate, alcanzando en cualquier año a partir del envero valores en el regadío superiores a los de secano, mientras que en el periodo herbáceo ocurre lo contrario quizás debido a que las altas temperaturas a las que están sometidas las bayas, favorecen en este periodo la síntesis de los

ácidos. En los dos tratamientos durante los tres años se produce una disminución a partir del envero que reduce la acidez entre 11 y 12 veces el valor inicial.

Nuestros datos coinciden con lo expuesto por autores como Saito y Kasai (1968). Estos autores observan que el contenido de acidez total en las bayas aumenta significativamente durante el periodo de desarrollo y desciende rápidamente después, alcanzando una cierta estabilidad hasta la fecha de la vendimia. Afirman que la caída de la acidez total es debida principalmente al descenso en el málico y a la formación de sales potásicas. Existe una similitud de curvas entre la evolución de la acidez y del málico, ambos aumentan rápidamente hasta el envero y entonces disminuyen hasta la vendimia.

Los valores de la acidez total se correlacionan negativamente con las temperaturas elevadas y con elevadas precipitaciones durante la maduración ya que favorecen la combustión respiratoria de los ácidos y la migración de las bases del suelo respectivamente.

Se ha realizado análisis de varianza con dos factores, tratamiento y fecha, para los tres años (Tabla 131). Se observa que en el año 1990 aparecen diferencias significativas entre tratamientos, siendo los valores mayores en el secano, mientras que en 1991 y 1992 no se aprecian diferencias. En los tres años tanto en el regadio como en el secano el valor de la acidez es diferente según la fecha de desarrollo de la baya. En cuanto a la interacción de estos dos factores sobre los valores de la acidez se comprueba que a diferencia de 1992 sí aparecen en los años 1990 y 1991, existiendo por tanto una influencia en cuanto al modelo seguido por la acidez en su evolución según el tipo de tratamiento elegido.

1.3.1.3.- Evolución del ácido tartárico.

La evolución de este ácido es descendente, en los dos tipos de tratamientos y durante los tres años (Tabla 8, Gráficos 16 y 17).

A) Estudio del ácido tartárico en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadio se observa un continuo descenso hasta la vendimia, siendo más pronunciado desde la fase herbácea hasta la fecha 141 del proceso de maduración, estabilizándose en las dos últimas fechas y llegando a valores de 5,97 g/L. El test de Duncan muestra diferencias entre todas las fechas de la evolución hasta tres fechas antes de la vendimia.

En el tratamiento de secano se observa el mismo modelo anterior, llegando a valores de 6,69 g/L. El test de Duncan confirma diferencias hasta tres fechas antes de la vendimia.

Gráfico 16 - Evolución del ácido tartárico (g/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

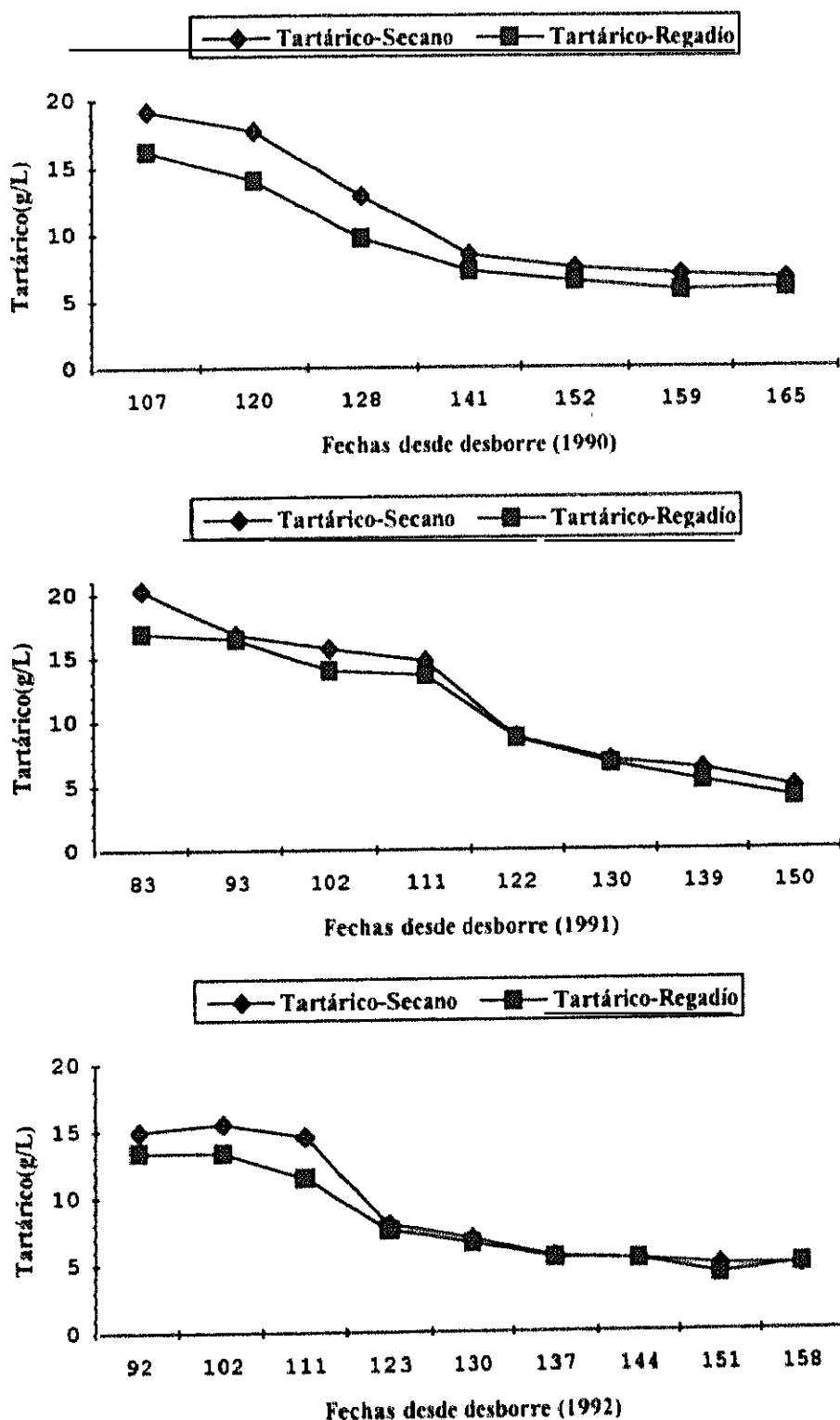
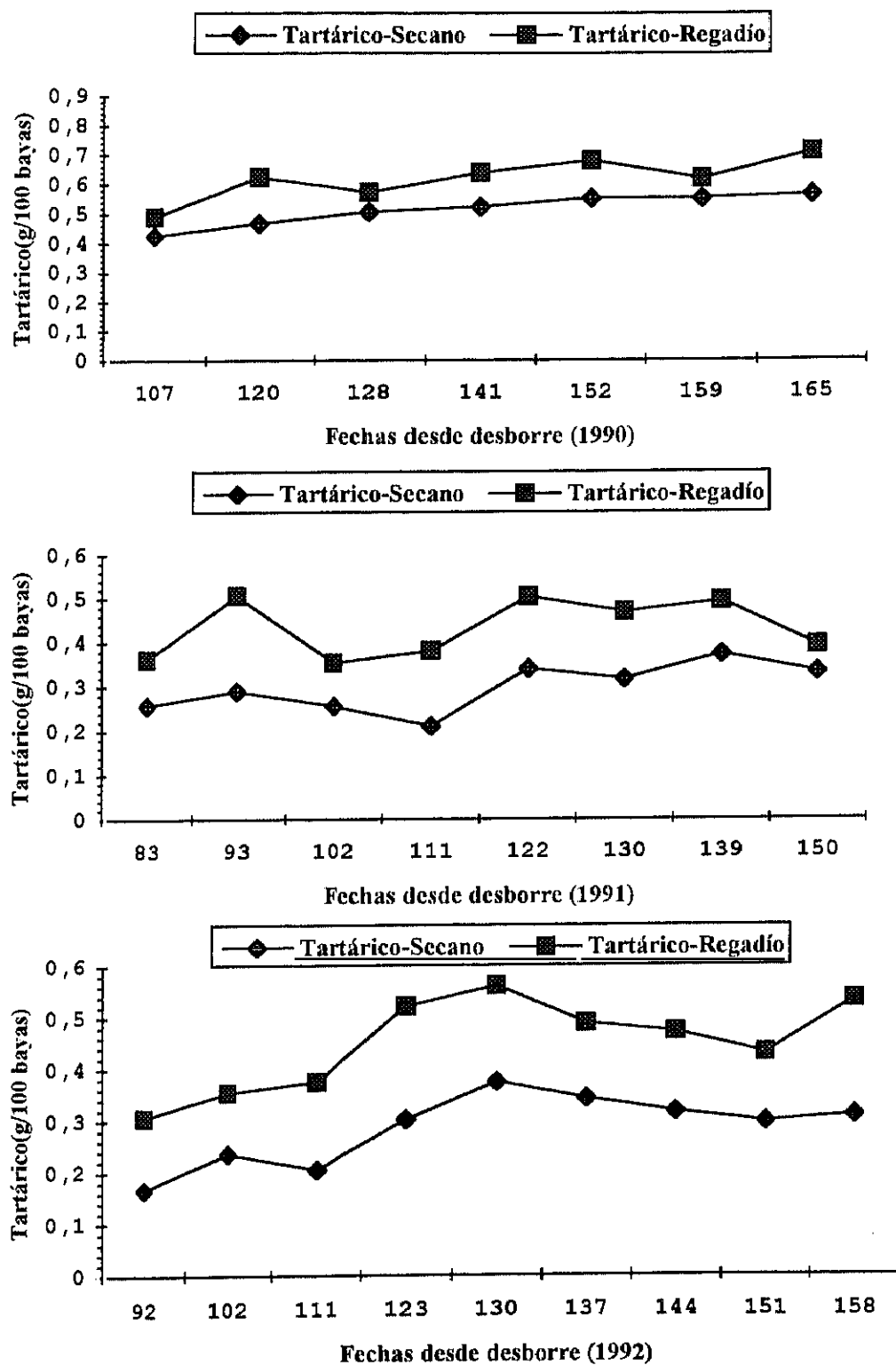


Gráfico 17.- Evolución del ácido tartárico (g/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



Comparando los dos tratamientos se observa que las concentraciones (g/L) en el secano son superiores a las de regadío, esto es debido al efecto de dilución mayor en el regadío. La disminución por tanto viene marcada por el crecimiento de la baya, y en la evolución de las concentraciones el descenso queda marcado a partir del envero estabilizándose al final ya que tampoco crece mucho la baya. En el estudio por el análisis de varianza de las diferencias existentes entre los dos tipos de tratamientos a lo largo de las distintas fechas del proceso de maduración, se observa que existen diferencias en todas las fechas entre los dos tratamientos (Tabla 100).

B) Estudio del ácido tartárico en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío aparece un descenso muy ligero hasta el envero, momento en que la caída del valor de tartárico es muy rápida para continuar con un periodo de descenso lento estabilizándose al final en 4,03 g/L. En el test de Duncan se aprecian diferencias desde el envero hasta la fecha anterior a la vendimia.

En el tratamiento de secano el descenso inicial tiene una pendiente acentuada en un principio haciéndose más suave hasta el envero, y a continuación hay un descenso brusco seguido de una disminución de valores hasta llegar al final a 4,85 g/L. En el test de Duncan se observan prácticamente diferencias entre todas las fechas.

Comparando las concentraciones en los dos tratamientos se observa que los valores en el secano son siempre superiores a los de regadío, es decir ocurre como en 1990, el mayor crecimiento de la baya en el regadío provoca una dilución mayor. En el análisis de varianza se observa que el comportamiento del tartárico (g/L) entre los dos tratamientos es muy parecido, ya que sólo existen diferencias significativas en la fecha 139 (Tabla 100).

C) Estudio del ácido tartárico en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se ve una ligera disminución hasta el momento del envero, fecha a partir de la cual disminuye de forma rápida seguido el resto de la maduración de un descenso muy lento hasta estabilizarse al final en 4,17 g/L. En el test de Duncan se muestran diferencias desde la segunda fecha de muestreo hasta la fecha anterior a la vendimia.

En el tratamiento de secano se observa una tendencia igual aunque los valores finales alcanzados son de 4,89 g/L. El test de Duncan muestra únicamente diferencias entre las tres fechas que siguen al envero.

En este año, como en los anteriores, las concentraciones en el secano son superiores a las de regadío, no existiendo diferencias en los valores (g/L) entre los dos tratamientos salvo en dos fechas 102 y 111 (Tabla 100).

La tendencia general de evolución del tartárico a lo largo de la maduración de las bayas se caracteriza por una disminución progresiva, siendo mucho más marcada a partir del envero, con una estabilización continuada hasta que se produce la vendimia, esa disminución no es tan brusca como la que ocurría en la acidez total o la del málico. Esta lenta disminución puede ser debida a las propias características químicas del ácido tartárico ya que es un ácido difícil de metabolizar tanto por su resistencia a la combustión a las altas temperaturas como por su facilidad de formar sales, y eso es lo que hace que sus cantidades permanezcan muy constantes a lo largo de la maduración, esto unido al proceso de dilución por el aumento del tamaño de la baya hace que se produzca un descenso progresivo en sus concentraciones. Los valores alcanzados por este ácido en cada una de las fechas de muestreo durante los tres años van a ser distintos según el tipo de tratamiento utilizado.

El conocimiento exactamente de la cantidad de tartárico por baya (g/100 bayas) durante la evolución permite conocer si la disminución en la concentración en un determinado tratamiento se debe a un proceso de aumento en el catabolismo o a un aumento en la dilución. Así en este estudio se observa que en todos los años y en los dos tipos de tratamientos, las cantidades de este ácido se mantienen prácticamente constantes desde la fase herbácea hasta la madurez, siempre con una tendencia ligeramente ascendente, si bien en todos los años y durante todos los momentos de muestreo las cantidades en el regadío son superiores a las del secano. Así en este el estudio de las diferencias entre tratamientos se observa que los valores alcanzados en la síntesis del tartárico son diferentes significativamente durante los tres años en prácticamente en todas las fechas de muestreo, excepto en la 107 y 159 (1990); en la fase herbácea y en la fecha de la vendimia (1991); y en la 151 (1992).

Sin embargo a pesar de que las cantidades sintetizadas (g/100 bayas) en el regadío son siempre mayores a las del secano, el efecto de dilución del regadío provocado por un aumento mayor del tamaño de las bayas a lo largo de la maduración, hace que las concentraciones de tartárico (g/L) sean mayores en el secano.

Ribéreau-Gayon y Peynaud (1960) explicaron la desaparición del ácido tartárico por fenómenos de combustión respiratoria, por dilución y por migración hacia las raíces donde

también se acumula. Según estos autores la síntesis sólo tendría lugar en los órganos de crecimiento (hojas jóvenes y uvas verdes) y no ocurriría durante la maduración de las bayas, los aumentos observados por estos autores durante el periodo final lo explican por las precipitaciones abundantes que aumentan la circulación de agua en la cepa. El aumento de la cantidad del tartárico depende más del consumo de agua por la planta que de las lluvias, ya que éstas dependen del tipo de suelo donde caigan, que puede estar más o menos seco. Posteriormente estos autores (1966) en estudios hechos en regiones vitícolas bordelesas, indican que los aportes de tartárico a la uva están ligados al proceso de evapotranspiración, de modo que el ácido acumulado en las raíces podría llegar hasta la uva por circulación ascendente con el agua, y eso podría determinar que el riego de la vid favorezca una mayor cantidad de acidez en el mosto.

De forma general se observa que periodos de elevada sequía y calor a partir del envero hacen que disminuya netamente el tartárico en todas las variedades, ya que la combustión es más rápida que la síntesis. En nuestro caso durante los tres años se produce una disminución en los dos tipos de tratamientos, si bien no es debido a las condiciones ambientales ya que tanto la suma de temperaturas y la duración de la insolación desde el envero hasta el momento de la vendimia son muy similares para los dos tratamientos (Cuadro IV de la Parte Experimental), y las diferencias encontradas en los valores serían debidas a la distinta alimentación hídrica de la vid, por tanto se observa que el riego favorece las mayores cantidades de tartárico por baya.

En el análisis multifactorial, para la fecha y tratamiento (Tabla 131), se comprueba que en los tres años de muestreo existen diferencias significativas en los valores de tartárico (g/L), siendo mayor la acumulación en el secano, también se observa que existen diferencias significativas por la acción conjunta del tratamiento y la fecha, es decir, el modelo de evolución de este ácido varía en función del tratamiento usado.

1.3.1.4.- Evolución del ácido málico.

La tendencia en la evolución de este ácido es, como en el caso anterior, descendente, en los dos tipos de tratamientos y durante los tres años (Tabla 9, Gráficos 18 y 19).

A) Estudio del ácido málico en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa un continuo descenso desde la primera fecha del proceso. A partir del envero la caída es muy brusca hasta la fecha 141 de la maduración, para a continuación mantenerse bastante estables hasta valores finales de 2,82 g/L. El test de

Gráfico 18.- Evolución del ácido málico (g/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

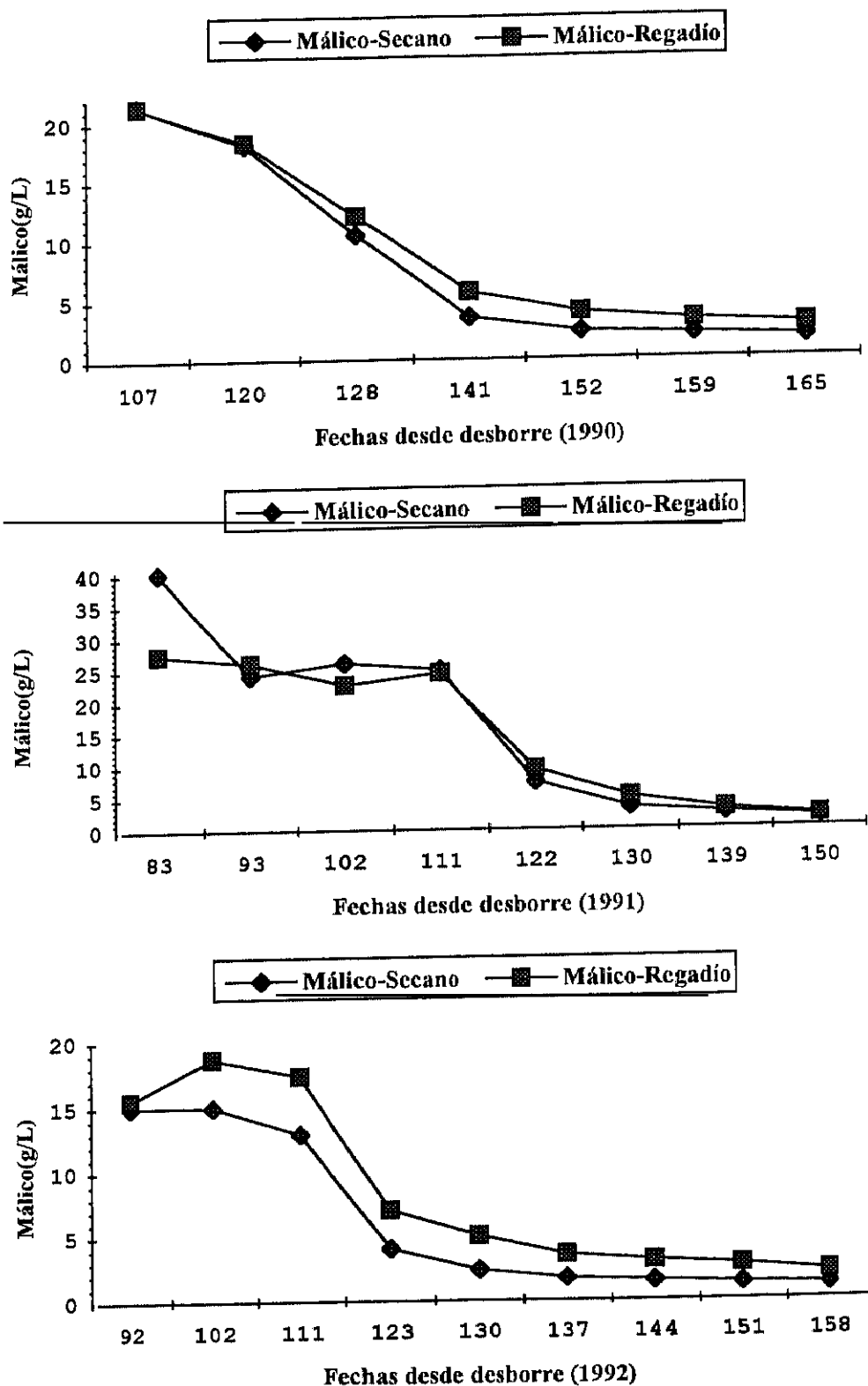
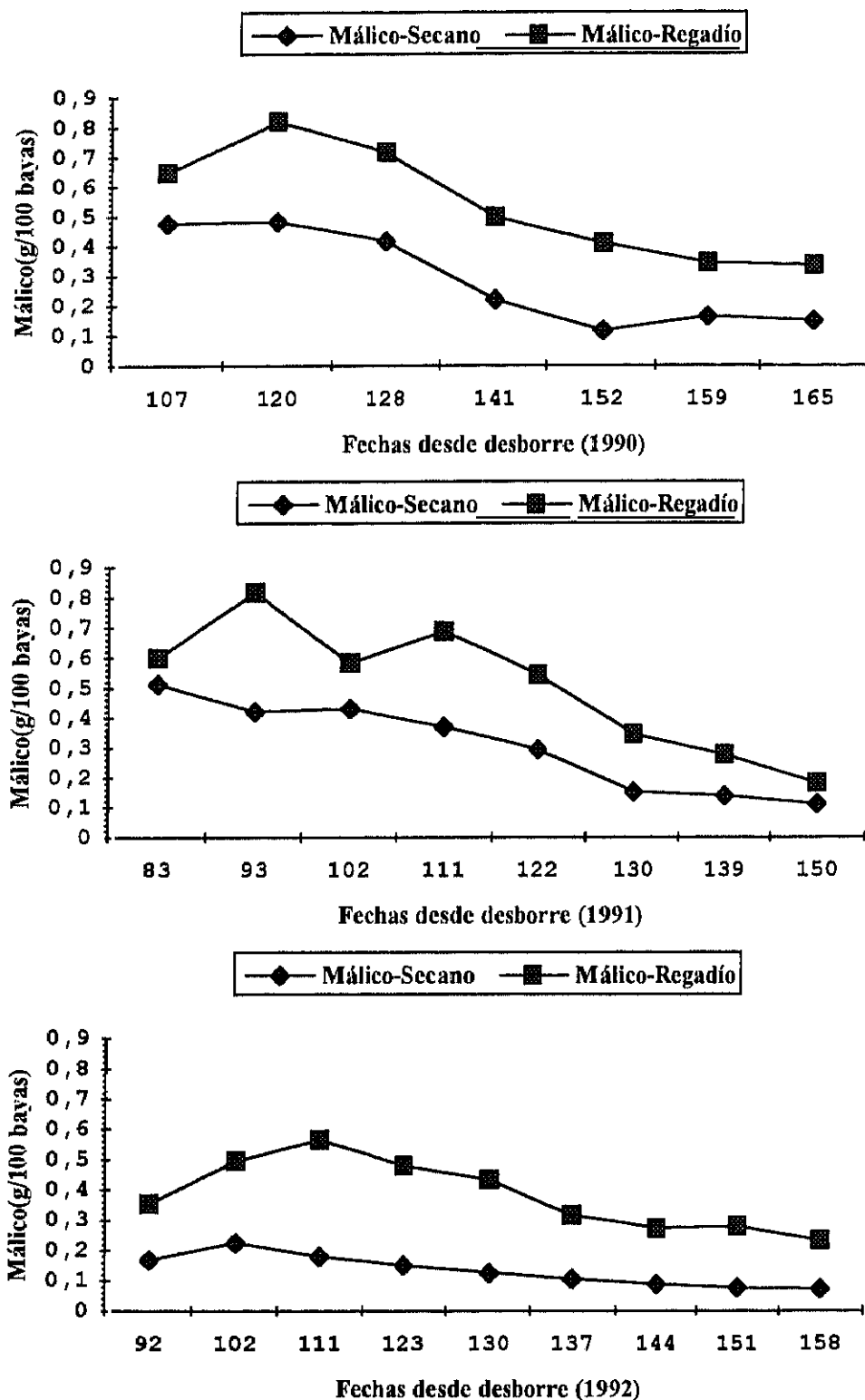


Gráfico 19.- Evolución del ácido málico (g/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



Duncan demuestra este comportamiento considerando que existen diferencias entre todas las fechas hasta el momento anterior a la vendimia.

En el tratamiento de secano la tendencia de descenso es la misma que en el caso anterior, alcanzando valores finales de 1,75 g/L. En este caso el test de Duncan indica también diferencias en todas las fechas, salvo las tres últimas.

Las concentraciones de málico (g/L) en el regadío son mayores que las de secano en todo momento excepto en la primera fecha, es decir, tanto el catabolismo como el efecto de dilución en el regadío afecta menos a la disminución de la concentración del málico que en el secano. Se estudiaron las diferencias en los valores (g/L) del málico entre los dos tratamientos por el análisis de varianza, en cada una de las fechas de muestreo, observando que no existen diferencias en las tres primeras fechas y es a partir de la segunda fecha después del envero cuando sí se aprecian diferencias (Tabla 101).

B) Estudio del ácido málico en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa un periodo de estabilización hasta el momento del envero en que se produce una caída brusca seguida de una disminución más suave hasta llegar en vendimia a 1,84 g/L. El test de Duncan muestra que los valores no son diferentes hasta el envero y tampoco a partir de la fecha 130 de la maduración.

En el tratamiento de secano existe una caída brusca seguida de una estabilización hasta el envero, ahora existe, al igual que antes, un descenso con una pendiente grande seguida de una disminución lenta hasta valores finales de 1,66 g/L. El test de Duncan señala diferencias significativas en las tres fechas que siguen al envero.

Las concentraciones de málico (g/L) en el secano hasta el envero son mayores a las de regadío y a partir de esta fecha y durante toda la maduración hasta la vendimia ocurre lo contrario. En este año se estudia por el análisis de varianza las diferencias de los valores de málico (g/L) entre los dos tipos de tratamientos, observándose que en casi todas las fechas las medias de las concentraciones son muy parecidas y no hay diferencias excepto en tres fechas 83, 122, y 130 (Tabla 101).

C) Estudio del ácido málico en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa un aumento ligero hasta el envero, momento en el que se produce un descenso rápido seguido de una disminución menos pronunciada hasta el final

de la maduración con valores de 2,14 g/L. El test de Duncan muestra la existencia de diferencias significativas salvo en las tres últimas fechas.

En el tratamiento de secano se observa la misma tendencia que en el caso anterior, va a disminuir hasta valores finales de 1,16 g/L. En el test de Duncan indica lo mismo que en el regadío, es decir, diferencias hasta las tres fechas anteriores a la vendimia.

Las concentraciones de málico (g/L) son superiores en el regadío frente al secano en todos los momentos del crecimiento de la baya. En 1992 se observa por el análisis de varianza que existen diferencias significativas entre los dos tratamientos en todas las fechas de muestreo excepto en la primera (Tabla 101).

La tendencia general de evolución del málico (g/L) a lo largo de la maduración de las bayas se caracteriza por una disminución continuada hasta el momento de la vendimia, siendo muy pronunciada a partir del envero, seguido de una estabilización hasta alcanzar valores finales comprendidos entre 1,1-1,7 (g/L) para el secano y entre 1,8-2,8 (g/L) para el regadío. Se observa que en 1990 los valores de málico en el envero son mayores que en 1992, y la pendiente de disminución es mayor en el primer año, es decir, a lo largo de los años se suaviza el descenso del málico, alcanzándose al final valores similares, por tanto independientemente de los valores del málico del envero los valores en vendimia son parecidos. Los valores en el tratamiento de regadío se pueden considerar superiores a los de secano en casi todas las fechas y durante los tres años, así a lo largo de la maduración existe una marcada reducción del paso de glucosa y fructosa a ácido málico, lo que implica una disminución en el aumento de este ácido.

En el estudio de la síntesis o degradación del málico en el regadío (g/100 bayas) a lo largo de la maduración de las bayas, se observa que en todos los años la tendencia de su evolución es descendente en los dos tratamientos si bien es a partir del momento del envero cuando la disminución es más acusada. Se observa que en 1990 la disminución en los dos tratamientos tarda mayor número de días que en 1991 y 1992, además en el secano a medida que avanzan los años la fase herbácea o de acumulación de los ácidos, es cada vez menos pronunciada, así como también las cantidades de ácido de las que se parte, por lo que se favorece unas pendientes de descenso más pronunciadas en las curvas de málico (g/L). Durante los tres años en todo momento de la maduración, los valores (g/100 bayas) alcanzados en el regadío son mayores que los del secano, además en todas las fechas de todos los años existen diferencias significativas entre tratamientos, excepto en la fase herbácea del año 1991. Por tanto el hecho de

que las concentraciones del málico (g/L) en el regadío sean superiores al secano, se explica por esa menor velocidad en el catabolismo a lo largo de la evolución y porque las cantidades de málico (g/100 bayas) son suficientemente grandes como para impedir que el mayor efecto de dilución del regadío disminuya esas cifras.

En general las concentraciones alcanzadas van a influir factores como los meteorológicos del año que se trate, variedad (determina la riqueza en málico), estado de crecimiento y sobre todo el efecto que ejerce el conjunto de todos esos factores. Winkler y col. (1974) estudian cómo la temperatura es el principal factor ambiental que va a afectar a la concentración del málico en las uvas maduras, comprobando que las mayores diferencias entre climas fríos y templados se pueden apreciar por los descensos lentos del málico en climas fríos y rápidos en los templados.

Según Hale (1962) en los últimos estados de maduración, las bayas sometidas a altas temperaturas parece que descomponen los ácidos más rápidamente que las no calentadas, aunque el nivel de ácidos en la baya también depende de los asimilados que le lleguen, sin embargo la combustión tan activa así como el paso a glucosa (en menor proporción) no compensa la migración que puede existir de este ácido hacia la baya. El ácido málico es el principalmente afectado por el proceso de la respiración de la baya, este fenómeno de combustión depende de la temperatura, si bien la disminución del málico es tan grande que es el que marca el descenso de la acidez total.

Wejnar (1965, 1967) confirmó en Alemania para una serie de variedades cultivadas la relación conocida entre la proporción de málico y las temperaturas, de modo que cuando se registran temperaturas máximas de 25°C durante 45-60 días los valores de málico en el mosto llegan a 5 g/L, mientras que con un número inferior de días alcanzaban hasta 10 g/L.

El efecto de la temperatura sobre el málico va a depender de la temperatura que hay alrededor de los racimos, lo cual no sólo depende de las temperaturas medio ambientales sino de las condiciones microclimáticas que los rodean. Así en el caso del tratamiento de secano las temperaturas del medio afectan más directamente a los racimos que en el caso del regadío, debido a que en este tratamiento la mayor densidad foliar protege más de la radiación solar directa a los racimos.

A lo largo de los años de experimentación las modificaciones de las integrales térmicas y las radiaciones acumuladas (Cuadro IV, de la Parte Experimental) no han sido muy diferentes y las temperaturas medias no han superado los 30°C, por lo que las diferencias entre los dos tratamientos se justifican mejor por las propias características de las cepas en cada tratamiento,

así en el regadío las condiciones de vegetación favorecen temperaturas menores alrededor de las bayas por lo que la respiración de este ácido es inferior, lo cual queda reflejado en concentraciones del ácido málico más elevadas respecto al secano, en donde la exposición de los racimos es mucho mayor y durante más tiempo (existe una senescencia de las hojas anterior), creándose un microclima alrededor de las bayas que favorece una mayor descomposición de este ácido. Esas mayores temperaturas alrededor de los racimos también favorecen una mayor evaporación, que origina bayas de tamaños inferiores y provoca un efecto de concentración sobre el málico, sin superar nunca a las concentraciones del regadío, ya que en el secano se produce una menor síntesis y un mayor catabolismo que hace que las cantidades, tanto g/L como g/100 bayas, sean siempre inferiores.

En el análisis factorial, para la fecha y tratamiento (Tabla 131), se comprueba que en 1990 y 1992 los valores de málico (g/L) son diferentes según el tipo de tratamiento utilizado, siendo superior la acumulación en el regadío con un nivel de significación del 0,01 mientras que en 1991 no existen diferencias, los valores alcanzados por este ácido en cada una de las fechas de muestreo durante los tres años van a ser distintos según el tipo de tratamiento utilizado. En los tres años también se observa que existen diferencias significativas por la acción conjunta del tratamiento y la fecha, es decir, el modelo de evolución de este ácido varía en función del tratamiento usado.

1.3.1.5.- Evolución del ácido cítrico.

La tendencia seguida por este ácido es descendente a partir del proceso de maduración, en los dos tipos de tratamientos y durante los tres años (Tabla 10, Gráficos 20 y 21).

A) Estudio del ácido cítrico en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se ve un suave aumento seguido en el momento del envero de un descenso durante la maduración hasta la vendimia, siendo más acusada esa disminución en las dos fechas que siguen al envero, consiguiendo valores finales de 0,23 g/L. En el test de Duncan sólo se observan diferencias entre las dos fechas que siguen al envero.

En el tratamiento de secano el proceso seguido es el mismo, pero se diferencian cuantitativamente en los valores finales que son de 0,16 g/L. El test de Duncan muestra diferencias en todas las fechas salvo en las dos últimas.

Gráfico 20.- Evolución del ácido cítrico (g/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

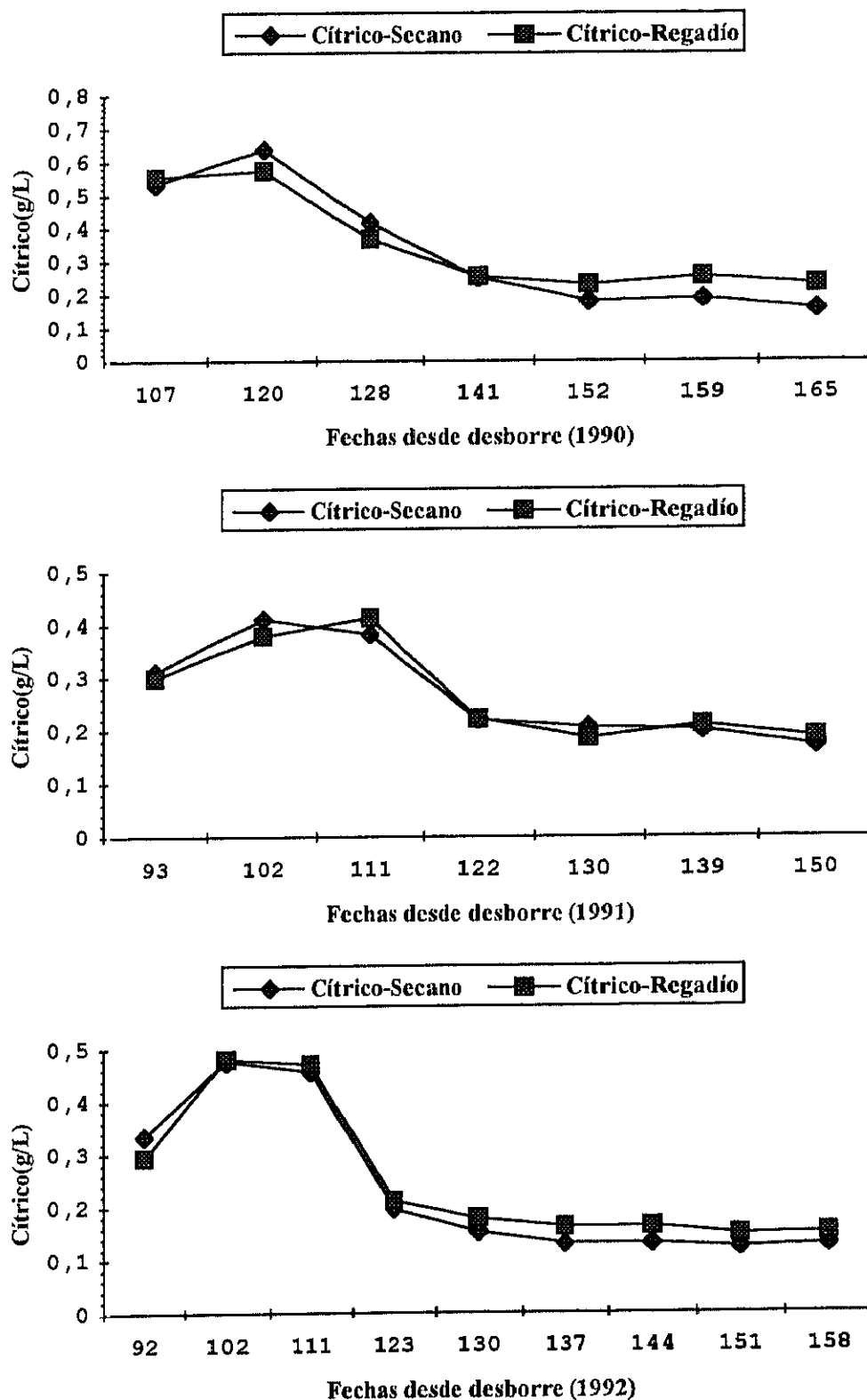
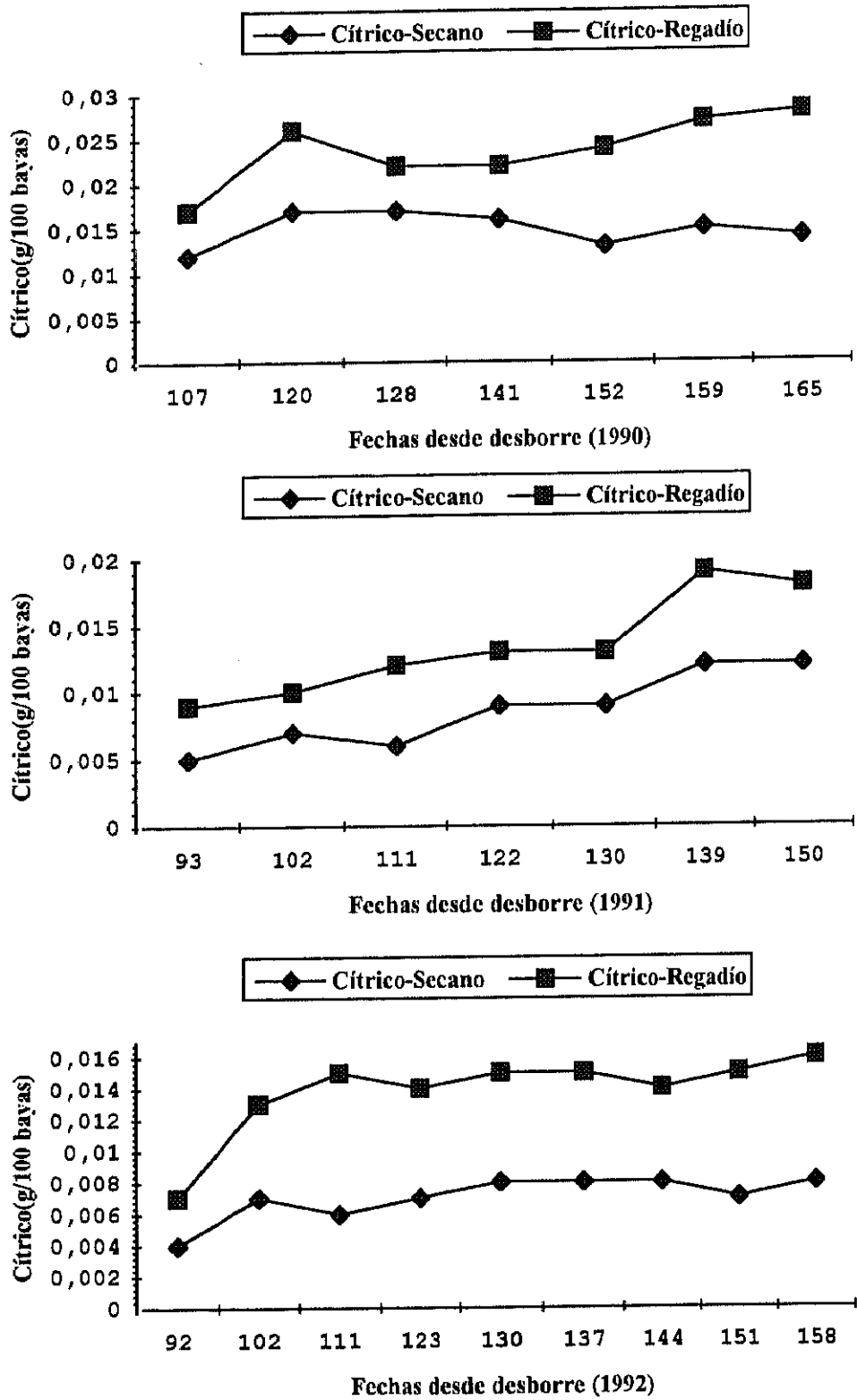


Gráfico 21.- Evolución del ácido cítrico (g/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



Entre ambos tratamientos se observa que las concentraciones del cítrico (g/L) en el secano son mayores a las del regadío hasta la fecha 141 de la maduración, momento en el que se cruzan las curvas y se produce una disminución más rápida en los valores del secano. Para ver las diferencias que alcanza el cítrico en cada fecha entre los dos tratamientos, se hizo el análisis de varianza, comprobando que en este año existen diferencias en todas las fechas salvo en tres: 107, 128, y 141 (Tabla 102).

B) Estudio del ácido cítrico en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa un aumento desde el primer momento hasta el envero, luego hay un descenso rápido seguido de una estabilización hasta valores de 0,19 g/L. El test de Duncan demuestra que no existen diferencias significativas a partir del envero, sólo existen entre las tres primeras fechas.

En el tratamiento de secano el comportamiento es el mismo, llegando a valores muy parecidos, de 0,17 g/L. El test de Duncan indica que las diferencias existentes a lo largo de todo este proceso, sólo son significativas en las tres primeras fechas.

Entre ambos tratamientos se observa que las concentraciones de este ácido (g/L) en el secano son mayores a las del regadío hasta el envero momento en el que se invierte el proceso, excepto en la fecha 130. Tanto las pendientes de aumento del regadío como las de disminución a partir del envero son mayores a las del secano aunque los valores finales son muy parecidos. En el estudio por el análisis de varianza de las diferencias entre tratamientos a lo largo del crecimiento de la baya, se observa que no existen diferencias significativas en ninguna fecha (Tabla 102).

C) Estudio del ácido cítrico en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa un aumento rápido, seguido de una estabilización y un descenso muy brusco coincidiendo con el momento del envero. Durante toda la maduración existe una igualdad en los valores analizados, llegando en vendimia a cifras de 0,15 g/L. El test de Duncan muestra cómo en las cinco últimas fechas no existen diferencias significativas, si bien sólo en las primeras fechas de evolución existen algunas diferencias.

En el tratamiento de secano el modelo seguido es prácticamente paralelo, llegando a valores finales de 0,13 g/L. El test de Duncan señala lo mismo que en el caso anterior.

Comparando los dos tratamientos se observa que las concentraciones de cítrico (g/L) en el regadío son mayores que las de secano en todas las fechas, aunque las diferencias son muy pequeñas. En este año se estudia por el análisis de varianza si existen diferencias entre los dos tipos de tratamientos observando que existen en todas las fechas, salvo en cuatro: 102, 111, 123, y 130 que corresponden a las fechas de la fase herbácea y a parte de la maduración, por tanto las diferencias aumentan a medida que nos aproximamos a la vendimia (Tabla 102).

Se observa que la evolución de las concentraciones del ácido cítrico (g/L) en ambos tipos de tratamientos se puede distinguir en dos fases diferenciadas: durante la fase herbácea que se caracteriza por un aumento inicial hasta el envero, como ocurría para el caso de la acidez total y el málico, y la de maduración en la que se produce una disminución brusca al principio y mucho más ligera hasta finalizar este proceso, alcanzando en vendimia valores muy pequeños con respecto a los otros ácidos presentes (0,13-0,17 g/L para el secano y 1,84-2,82 g/L para el regadío). El aumento en la fase herbácea es debido a que las cantidades por baya superan el efecto de dilución provocado por el crecimiento de la baya y que es pequeño en este periodo, Por tanto cualitativamente las tendencias son muy similares entre ambos tratamientos distinguiéndose cuantitativamente en cada una de las fechas según el año y el tratamiento.

Para saber si los procesos metabólicos han sido afectados, se estudian los componentes por baya, conociendo así la evolución de la cantidad absoluta de cada componente. En el caso del cítrico (g/100 bayas) se observa que la tendencia es de ligero aumento desde el comienzo del muestreo hasta el final de la maduración, siendo en todos los años y durante todas las fechas de muestreo los valores en el regadío superiores a los del secano. Si se estudian las diferencias entre tratamientos a lo largo de las fechas de maduración, se observa que en todos los años y en todas las fechas aparecen variaciones en las cantidades de cítrico encontradas, excepto en 1991 que aparecen a partir del envero excepto en la fecha 130 de la maduración. En los dos primeros años se observa que en la fase herbácea las cantidades de este ácido (g/100 bayas) son muy próximas lo que hace que el efecto de dilución mayor en el regadío provoque unas mayores concentraciones (g/L) en el secano, si bien a partir del envero las cantidades son suficientemente elevadas como para que no sean superadas por el secano, en 1992 durante todo el proceso las cantidades en el regadío son más elevadas que en el secano.

Se ha realizado análisis de varianza con dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 131), para los tres años. A lo largo de los tres años se observa que la acumulación del ácido cítrico no

es diferente significativamente en función del tratamiento, si bien los valores son diferentes según la fecha y el año que se trate. En cuanto a la interacción de estos dos factores sobre los valores del cítrico se comprueba que sí aparecen diferencias en los años 1990 y 1991 a diferencia de 1992, existiendo en los dos primeros años una influencia en cuanto a la evolución de la acidez según el tratamiento elegido.

1.3.1.6.- Evolución de la relación tartárico/málico.

Existen unos índices de madurez, que nos indican el momento más adecuado de vendimia en función del óptimo de maduración que depende del predominio de los distintos componentes, generalmente se refieren a las cantidades de azúcares y ácidos. Estos índices son relaciones matemáticas que van a ser más precisos cuanto mayor sea el número de componentes conocidos de la uva.

La relación tartárico/málico se estudia en la Tabla 11 y su evolución se observa en el Gráfico 22.

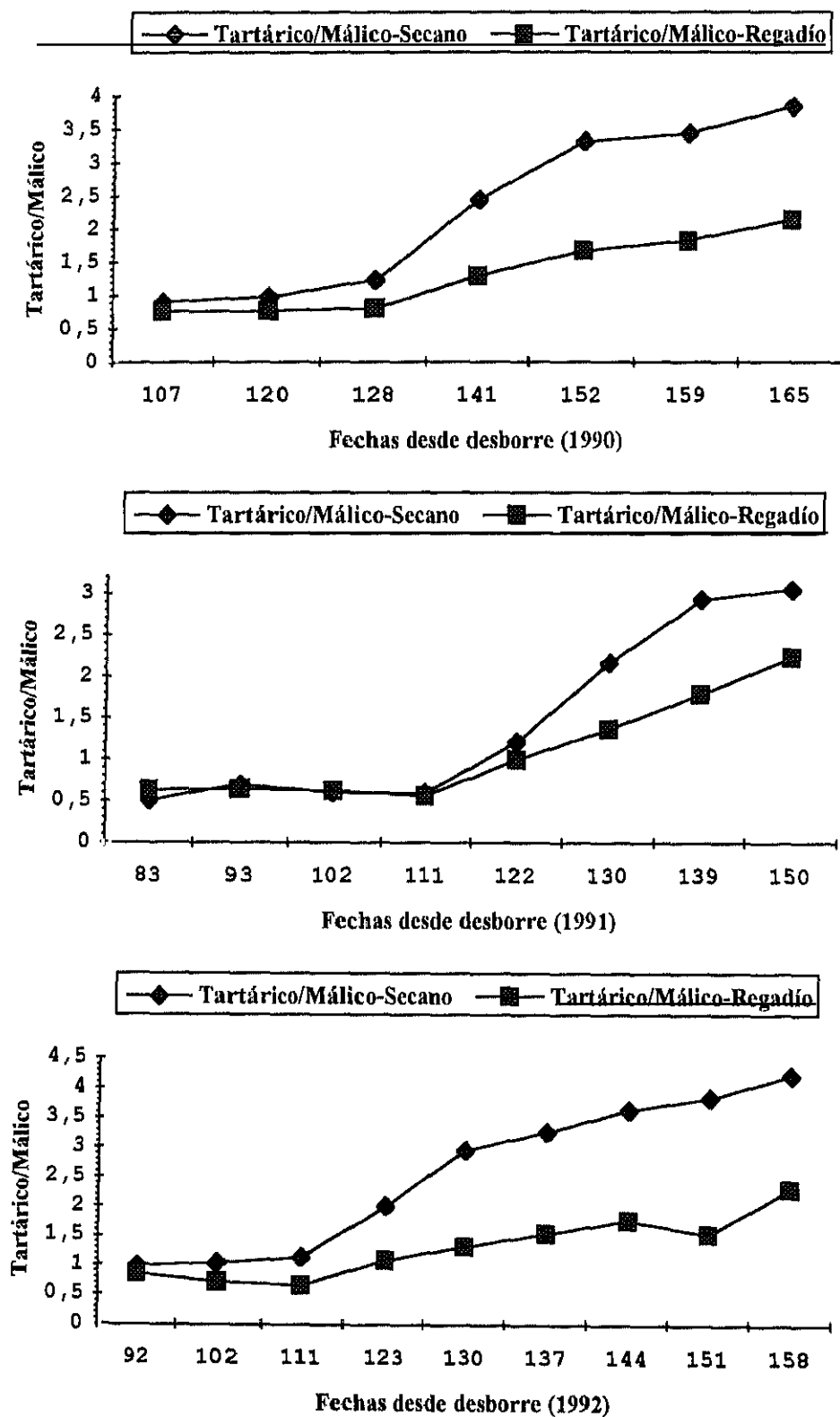
A) Estudio de la relación tartárico/málico en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa una estabilización del valor de esa relación hasta la fecha 128 del proceso de maduración, a partir de aquí se inicia un suave aumento hasta el momento de la vendimia, que es cuando se alcanzan valores de 2,1. En las tres primeras fechas de muestreo el valor de esa relación es inferior a uno, esto nos indica que el málico en los primeros momentos del desarrollo de la baya está en proporción superior al tartárico y a medida que avanza el proceso de maduración va disminuyendo el málico, llegando el tartárico a valores dos veces superiores al málico en los momentos finales, como indica el valor de esa relación. El test de Duncan muestra diferencias a partir de esta tercera fecha hasta dos fechas antes de la vendimia.

En el tratamiento de secano se observa un continuo aumento desde la fase herbácea hasta el final de maduración, pero es también a partir de la fecha 128 cuando se produce un brusco aumento, suavizándose al final del periodo de maduración y llegando a valores de 3,8. El test de Duncan muestra como en el caso anterior, diferencias a partir de esta fecha de maduración (128) hasta el momento anterior a la vendimia.

Comparando ambos tratamientos se observa que tanto en el regadío como en el secano el málico predomina en los primeros momentos del proceso de maduración mientras que al final de

Gráfico 22.- Evolución de la relación tartárico/málico del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



este periodo el tartárico va a ser dos veces mayor en el caso del regadío y en el seco va a ser casi cuatro veces superior, es decir, va a disminuir en mayor proporción el málico en el caso del seco que en el regadío. En el estudio de las diferencias entre los dos tratamientos en todas las fechas de muestreo, se observa que en este año existen diferencias en todas las fechas (Tabla 103).

B) Estudio de la relación tartárico/málico en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa que existe una estabilización de esa relación en valores inferiores a la unidad hasta el envero, es decir existe un predominio del málico, a partir de aquí se inicia un aumento brusco de la relación hasta valores finales en vendimia de 2,2; lo que significa que se encuentra aproximadamente el doble de cantidad de tartárico que de málico. El test de Duncan muestra diferencias únicamente en las tres últimas fechas.

En el tratamiento de seco el modelo seguido es el mismo, pero la pendiente de aumento a partir del envero es mayor, en este caso se termina en valores de 3,1; es decir, la concentración de tartárico es tres veces más elevada. El test de Duncan señala diferencias fundamentalmente en las últimas fechas.

Entre ambos tratamientos, como en el año anterior, se ve que los valores para dicha relación en el seco son superiores a los de regadío. Es decir, se comprueba que de los dos ácidos, el que disminuye más rápidamente es el málico, y además más rápido en el caso del seco que en el regadío.

En el análisis de varianza entre los dos tratamientos, sólo aparecen diferencias en dos fechas (Tabla 103).

C) Estudio de la relación entre tartárico/málico en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa un descenso inicial suave hasta el envero con valores próximos a la unidad, a partir de aquí se produce un ligero aumento hasta valores finales de 2,3. El test de Duncan manifiesta diferencias en las tres fechas que siguen al envero.

En el tratamiento de seco se observa una estabilización hasta el envero, momento en el que se inicia un crecimiento continuo durante toda la maduración hasta valores finales de 4,2. El test de Duncan indica diferencias desde el envero hasta tres fechas posteriores y una tendencia a la estabilización.

Entre ambos tratamientos se observa, como en los dos años anteriores, que los valores de la relación en el caso del secano son superiores a los del regadío, es decir, el málico disminuye mucho más rápido en este tipo de tratamientos.

En este año existen diferencias significativas en todas las fechas entre los dos tratamientos (Tabla 103).

La evolución de la relación tartárico/málico en los tres años se caracteriza porque en los dos tipos de tratamientos tiene un mismo comportamiento, este proceso se inicia con una estabilización de los valores hasta el envero que es la fecha en la que se produce un aumento hasta la fecha fijada de vendimia. Cuantitativamente los valores en el secano son superiores a los de regadío, si bien hasta el momento del envero en ambos tratamientos son inferiores a la unidad, lo que supone un predominio del ácido málico, mientras que a partir del envero los valores son mayores a la unidad y al ser muy superiores en el secano muestran una disminución mucho más acusada del málico en este tipo de tratamiento.

Los resultados de Ribéreau-Gayon (1956, 1958) muestran valores de esta relación en el envero entre 0,71-2,07 mientras que en el momento de la madurez entre 1,27-5,20. Esto puede ser porque la cepa según el año sintetice más tartárico o que la combustión del málico sea menor. En sus datos los valores en el envero son constantes pero en la madurez son muy diferentes.

Philip y Kuykendall (1973) trabajando con la variedad Thompson Seedless, vieron que en los estados iniciales de crecimiento de la baya, el málico predomina sobre el tartárico y esto se invierte en los últimos estados de desarrollo. Al principio el tartárico y málico van a estar como ácidos libres y se van a salificar progresivamente. El volumen del jugo por baya va a ir aumentando, y si esto lo tenemos en cuenta, se observa que no hay cambios significativos en el tartárico mientras que sí lo hay en el málico el cual desciende rápidamente por lo que aumenta esa relación. El papel fisiológico de esas cantidades de tartárico no es bien conocido.

Hale (1966) observa cómo la temperatura afecta a la relación de los componentes de la uva. Así en nuestro caso en el tratamiento de regadío, se crea un microclima que hace que las bayas estén sometidas a menores temperaturas que las que proceden del tratamiento de secano, provocando en éste una disminución más rápida del málico y por tanto esas relaciones en el regadío son menores.

Se ha realizado análisis de varianza con dos factores, tratamiento y fecha, para los tres años (Tabla 131). A lo largo de los tres años se observa que los valores de esa relación son

diferentes significativamente siendo superiores los valores en el secano. En cuanto a la interacción de estos dos factores sobre los valores del cítrico se comprueba que sí aparecen diferencias en los tres años, existiendo una influencia en cuanto a la evolución de la relación según el tratamiento elegido.

1.3.1.7.- Evolución de la relación tartárico/suma de los ácidos mayoritarios.

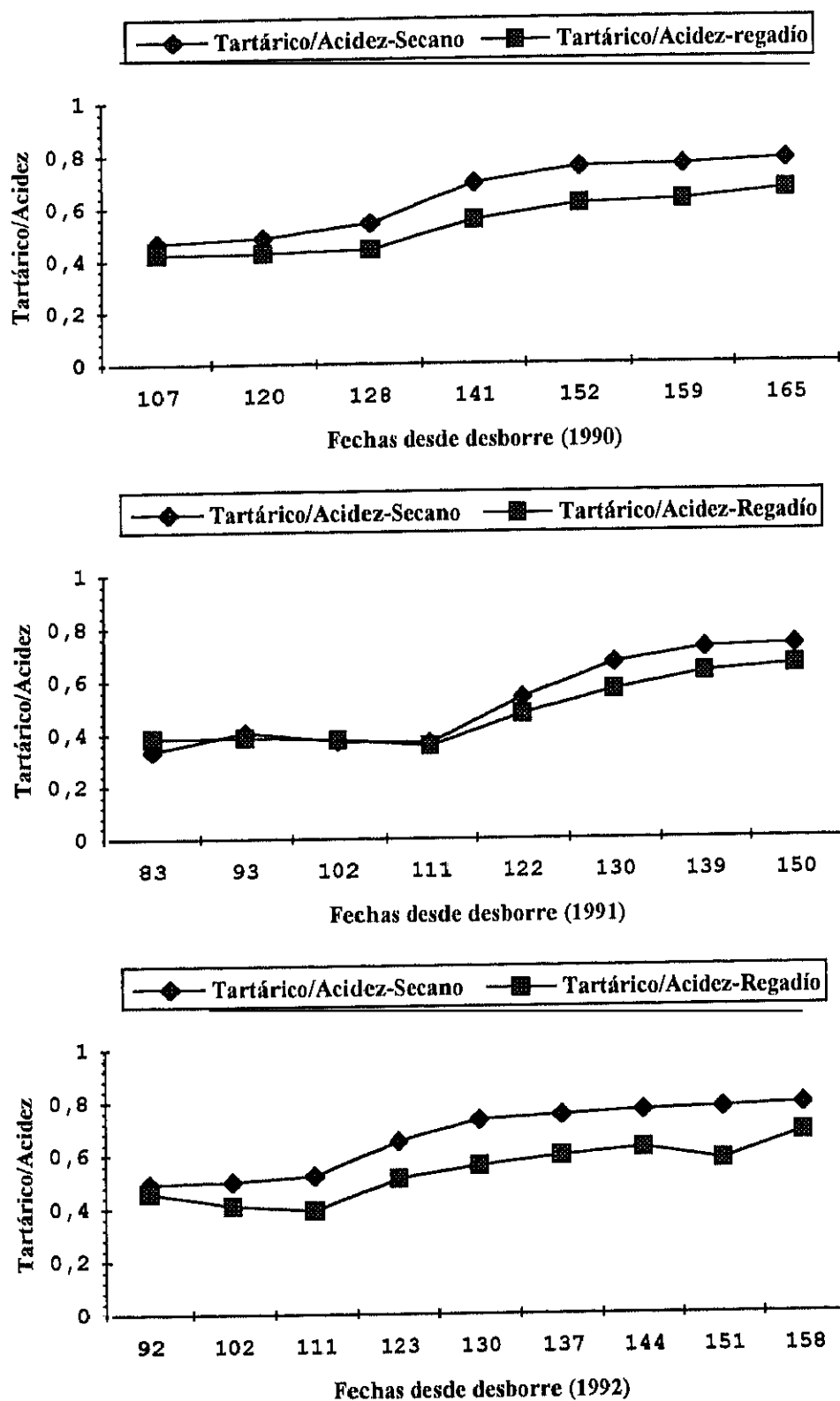
Este índice nos indica la proporción en la que se encuentra el tartárico respecto al total de acidez, también se le denomina índice de Baragiola y Schuppli. Es otro índice de madurez que, de igual modo que la relación anterior, nos da idea del momento óptimo de vendimia, y está representado en la Tabla 12 y el Gráfico 23.

El estudio, durante los tres años, de la evolución de los valores alcanzados por esta relación a lo largo de la maduración en los dos tipos de tratamientos, es muy similar a la evolución ya comentada de la relación tartárico/málico, si bien las tendencias son menos pronunciadas y más parecidos los valores en ambos tratamientos. A lo largo de todo el proceso se produce un aumento de la proporción del tartárico con respecto a los otros ácidos, esto es debido a una disminución del málico fundamentalmente y a un mantenimiento de la concentración del tartárico. Este proceso general se produce tanto en el tratamiento de regadío como en el de secano, estando más pronunciado el descenso del málico en el secano, por tanto se puede observar que en los tres años los valores de esa relación en el secano son superiores a los del regadío, y el porcentaje de tartárico en el secano es mayor. Las cifras de esta relación durante los tres años y en los dos tipos de tratamiento oscilan entre 0,7 y 0,8.

En el estudio por fechas de las diferencias existentes entre tratamientos, durante los tres años, se observa que en el año 1990 y 1992 existen diferencias significativas en todas las fechas, y en 1991 sólo existen diferencias significativas entre los dos tratamientos en dos fechas 83 y 130 (Tabla 104).

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 131), se observa que los valores de esta relación, en los tres años, son diferentes en función del tipo de tratamiento utilizado siendo globalmente superiores en el secano, además los valores son distintos en función de la interacción de esos dos factores, es decir, se afecta el modelo de evolución según el tratamiento elegido.

Gráfico 23.- Evolución de la relación tartárico/suma de ácidos del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



1.3.1.8.- Evolución de otros índices.

Fundamentalmente se refieren a relaciones entre los ácidos y los azúcares. Son los índices de madurez más sencillos y significativos. Esta relación se basa en la observación empírica de que a lo largo de la maduración (Gráfico 24) los azúcares varían en sentido inverso a la acidez. Esta regla no tiene en realidad fundamento fisiológico, ya que una ganancia dada de azúcares no siempre corresponde a la misma cantidad de acidez, esos índices dan idea de la interacción entre la climatología y el estado de madurez del grano.

1.3.1.8.1.- El índice de Weaver.

Establece una relación entre el °Brix (porcentaje en peso del azúcar en el mosto) y la acidez total (g/L). La relación a lo largo de los tres años en los dos tipos de tratamientos se describe en la Tabla 13 y en el Gráfico 25.

A) Estudio de la relación °Brix/acidez total en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa un continuo aumento de la relación desde la fase herbácea hasta el momento de la vendimia. En un principio el aumento relativamente escaso, hasta llegar a la fecha 128, a partir de la cual la pendiente aumenta rápidamente hasta valores en vendimia de 4,6. En el test de Duncan se comprueba este fenómeno observándose diferencias sólo a partir de la fecha mencionada.

En el tratamiento de secano el modelo seguido en ese aumento es el mismo, llegando a valores de 4,6. El test de Duncan muestra, al igual que antes, unas diferencias a partir de esa fecha.

Comparando ambos tratamientos se observa que salvo ciertas fechas iniciales, los valores en el regadío son mayores a los del secano. Estudiando las diferencias significativas entre tratamientos en todas las fechas, se observa que en 1990 van a existir diferencias en las fechas 107, 120, y 152 (Tabla 105).

B) Estudio de la relación entre °Brix/acidez total en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se ve que existe una práctica estabilización de valores hasta el enero, momento en que se inicia un rápido aumento, con una pendiente bastante pronunciada,

Gráfico 24.-Evolución de la acidez total y °Brix del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

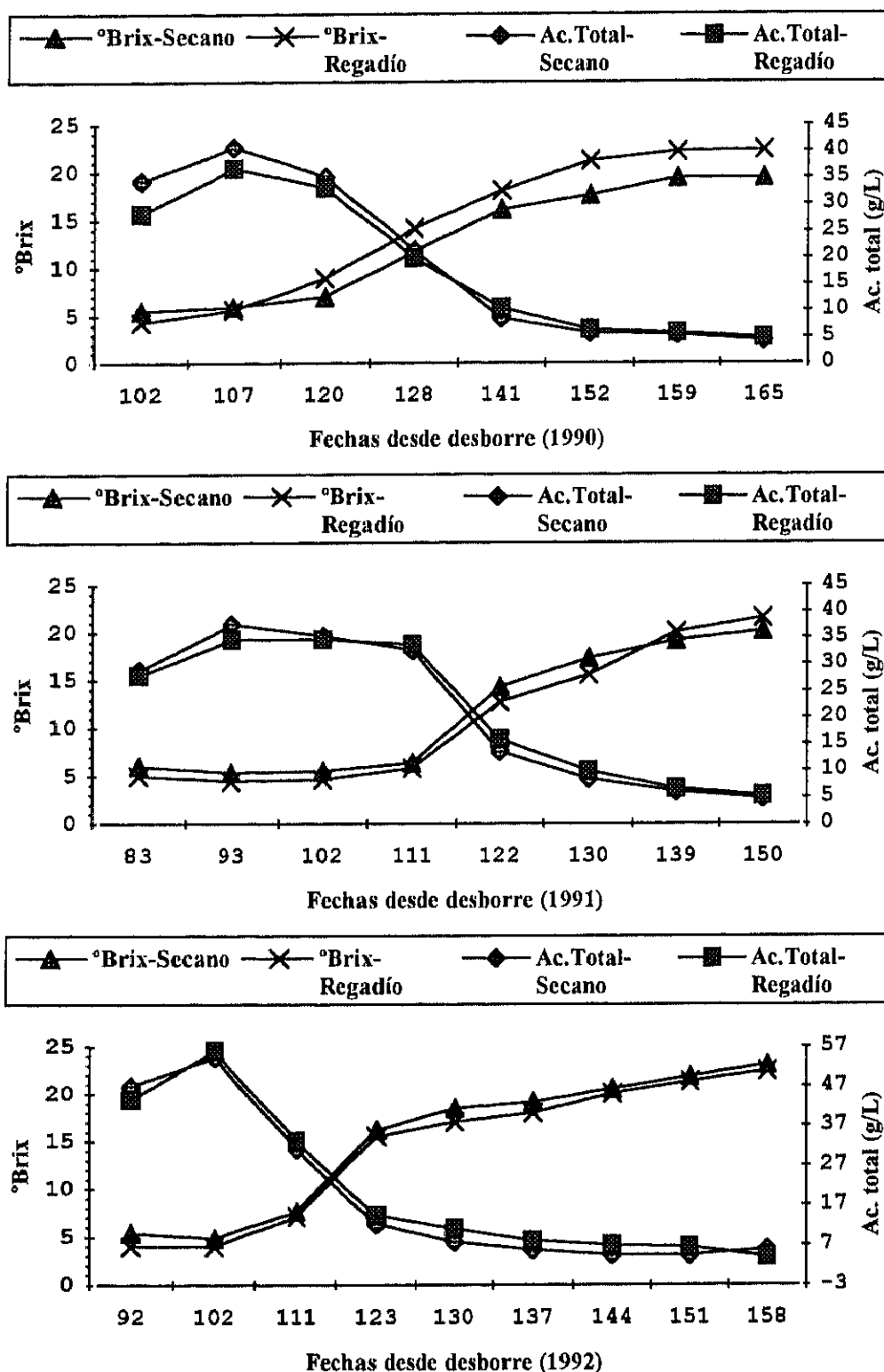
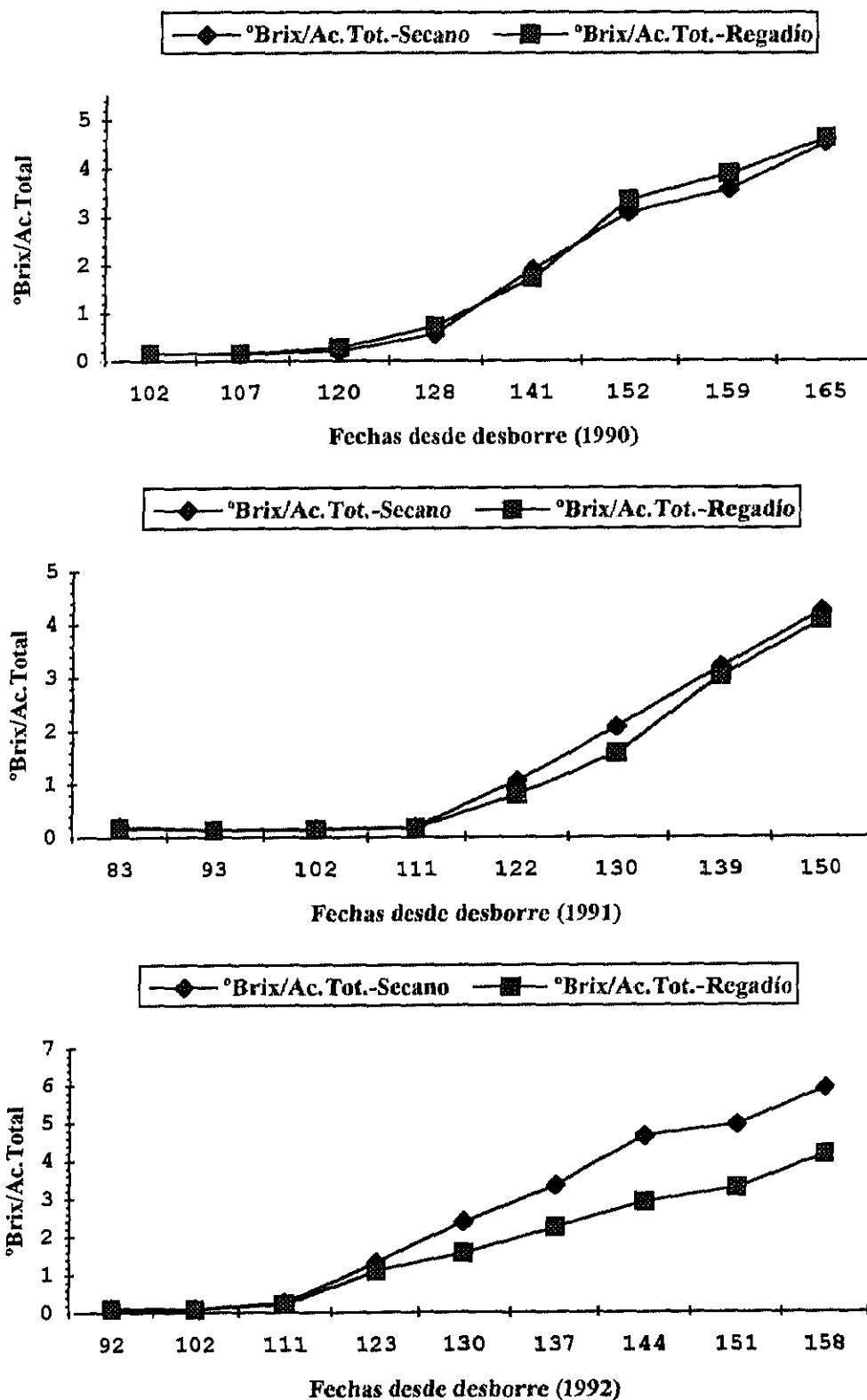


Gráfico 25.- Evolución de la relación °Brix/Ac.Total del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



hasta el momento final, llegando a valores de 4,1. El test de Duncan confirma esta evolución, señalando que existen diferencias a partir del momento del envero.

En el tratamiento de secano el modelo seguido es el mismo, salvo que a partir del envero la pendiente de aumento es más acusada, llegando a valores de 4,3. El test de Duncan nos indica, como en el caso anterior, que las diferencias aparecen a partir del momento del envero.

Entre ambos tratamientos se observa que los valores en el secano son superiores a los del regadío. En este año si existen entre los dos tratamientos diferencias en todas las fechas excepto en tres de ellas (111, 139, 150) (Tabla 105).

C) Estudio de la relación entre °Brix/acidez total en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa una estabilización hasta el envero, momento en el que empieza un continuo aumento que se acentúa en las fechas finales, llegando a valores en vendimia de 4,2. En el test de Duncan se demuestra que las diferencias entre esos valores se produce a partir de la fecha del envero.

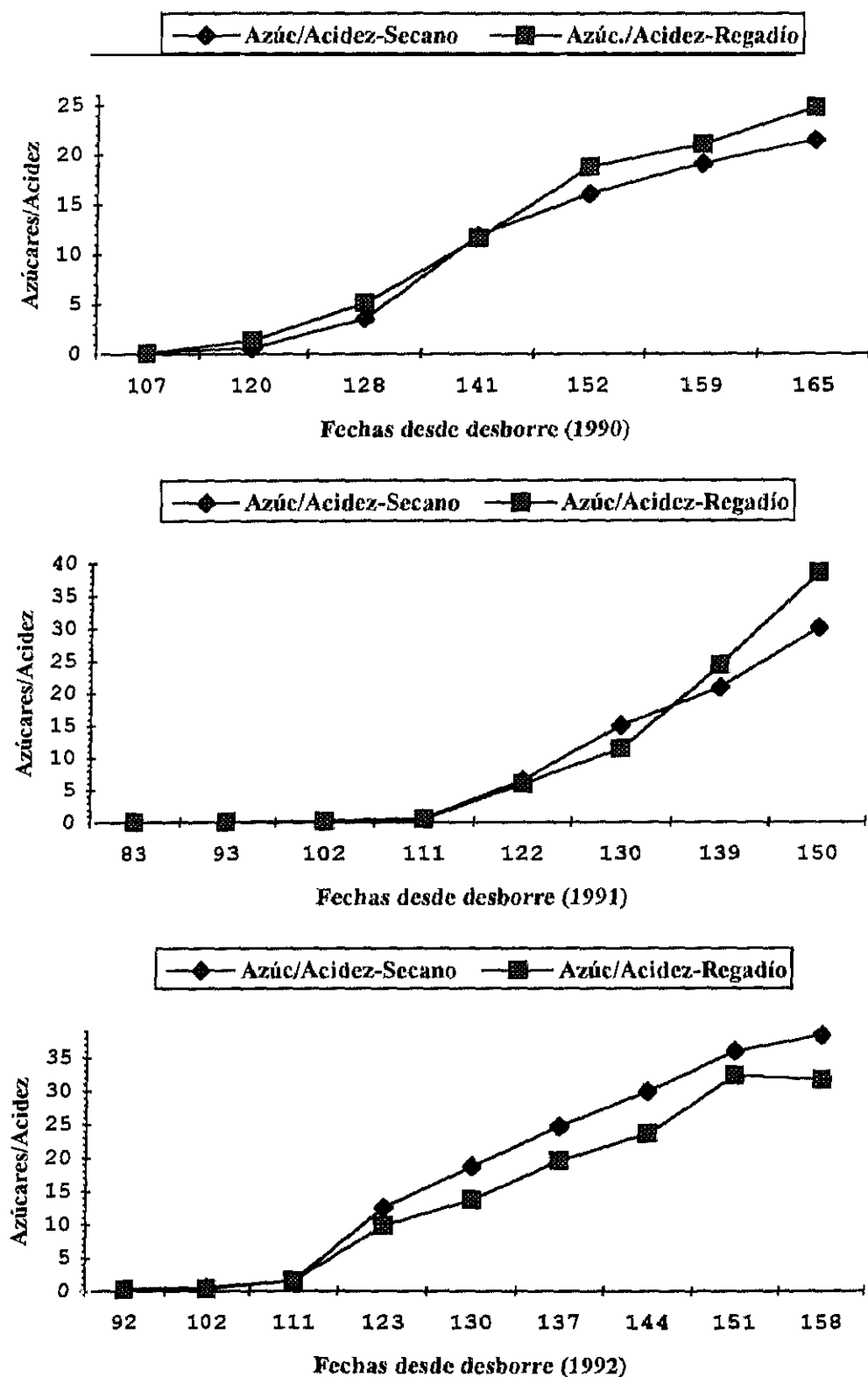
En el tratamiento de secano el proceso es el mismo, salvo que a partir del envero y durante toda la maduración, la pendiente de aumento es mayor que en el regadío, llegando a valores de 5,9. El test de Duncan muestra diferencias a partir del momento del envero hasta la vendimia, excepto entre las fechas 144 y 151 del proceso de maduración.

En este año también ocurre que todos los valores en el secano son mayores a los de regadío, y en este año existen diferencias entre los dos tratamientos en todas las fechas a partir de la fecha 123 de la maduración (Tabla 105).

La tendencia general en la evolución de esta relación a lo largo de la maduración de las bayas de la variedad Tempranillo se caracteriza por una estabilización de los valores hasta la fecha del envero, momento en el que se produce un aumento con elevadas pendientes hasta el momento de la vendimia, tanto en el secano como en el regadío. Cuantitativamente los dos tratamientos a lo largo de las fechas de muestreo tienen valores diferentes, si bien los valores en vendimia están muy próximos y están comprendidos entre 4,1-5,9.

Esta relación de azúcares frente a ácidos tiene un cierto valor comparativo y así es adecuada para contrastar variedades entre sí, por ejemplo la Petit-Verdot es una variedad rica en azúcares y ácidos.

Gráfico 26.- Evolución de la relación azúcares/acidez del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 131), se ve que en 1990-1992 los valores globales de la relación son distintos en función del tratamiento aplicado, siendo superior en el regadío en 1990 y en el secano en 1992, mientras que en 1991 no existen diferencias significativas. Se observa que excepto en 1990 los valores alcanzados, si van a ser diferentes por la acción conjunta de los dos factores.

1.3.1.8.2.- El índice "gluco-acídico".

Establece una relación entre los azúcares y los ácidos, expresados los dos en g/L en el mosto. Su evolución a lo largo de los tres años en los dos tipos de tratamientos se describe en la Tabla 14 y en el Gráfico 26.

En el estudio de su evolución a lo largo de los tres años en los dos tipos de tratamientos, se muestra que es parecido al índice anteriormente estudiado (Weaver). En los tres años se muestra una evolución ascendente tanto en el caso del regadío como del secano, alcanzando el regadío valores superiores en los años 1990 y 1991 y en 1992 es mayor en el secano. Este índice no va a ser definitivo para decidir el momento óptimo de la vendimia ya que los valores van a depender mucho de las condiciones climatológicas de cada año. En nuestro caso los valores oscilan entre 20 y 39.

Se estudian las diferencias entre ambos tratamientos en todas las fechas durante los tres años, por el análisis de varianza. En el año 1990 van a existir diferencias entre los dos tratamientos, salvo en las fechas 141, 159, 165, en 1991 únicamente existen diferencias en la fecha de la vendimia, y finalmente en 1992 existen diferencias excepto en dos fechas 111, 151 (Tabla 106).

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 136), se observa que en 1990 y 1992 existen diferencias entre ambos tratamientos siendo superiores los valores en el regadío en el primer caso y en el secano en 1992, mientras que en 1991 no existen diferencias entre los dos tratamientos. Se observa que en los tres años los valores alcanzados por esa relación van a ser diferentes por la acción conjunta de los dos factores, es decir, se ve afectado así el modelo de evolución.

1.3.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.

1.3.2.1.- Evolución del pH.

El pH en los tres años, tiene una tendencia ligeramente ascendente como queda reflejado en la Tabla 52 y el Gráfico 27.

A) Estudio del pH en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa una ligera disminución en las fechas iniciales, seguido de un continuo aumento a partir del envero, si bien la pendiente no es muy grande, hasta llegar en vendimia a valores de 3,57. El test de Duncan muestra diferencias entre todas las fechas desde el envero, aunque existen dos fechas de la maduración cuyas medias son iguales entre sí (152-159).

En el tratamiento en espaldera el comportamiento es el mismo, llegando a los mismos valores finales de 3,59. El test de Duncan señala diferencias significativas entre las mismas fechas que en el tratamiento anterior.

Comparando los dos tratamientos se observa que el tratamiento en espaldera tiene valores inferiores al del vaso salvo en dos fechas (), aunque las variaciones son muy pequeñas. A partir del análisis de varianza se deduce que no existen diferencias entre tratamientos en ninguna fecha (Tabla 98).

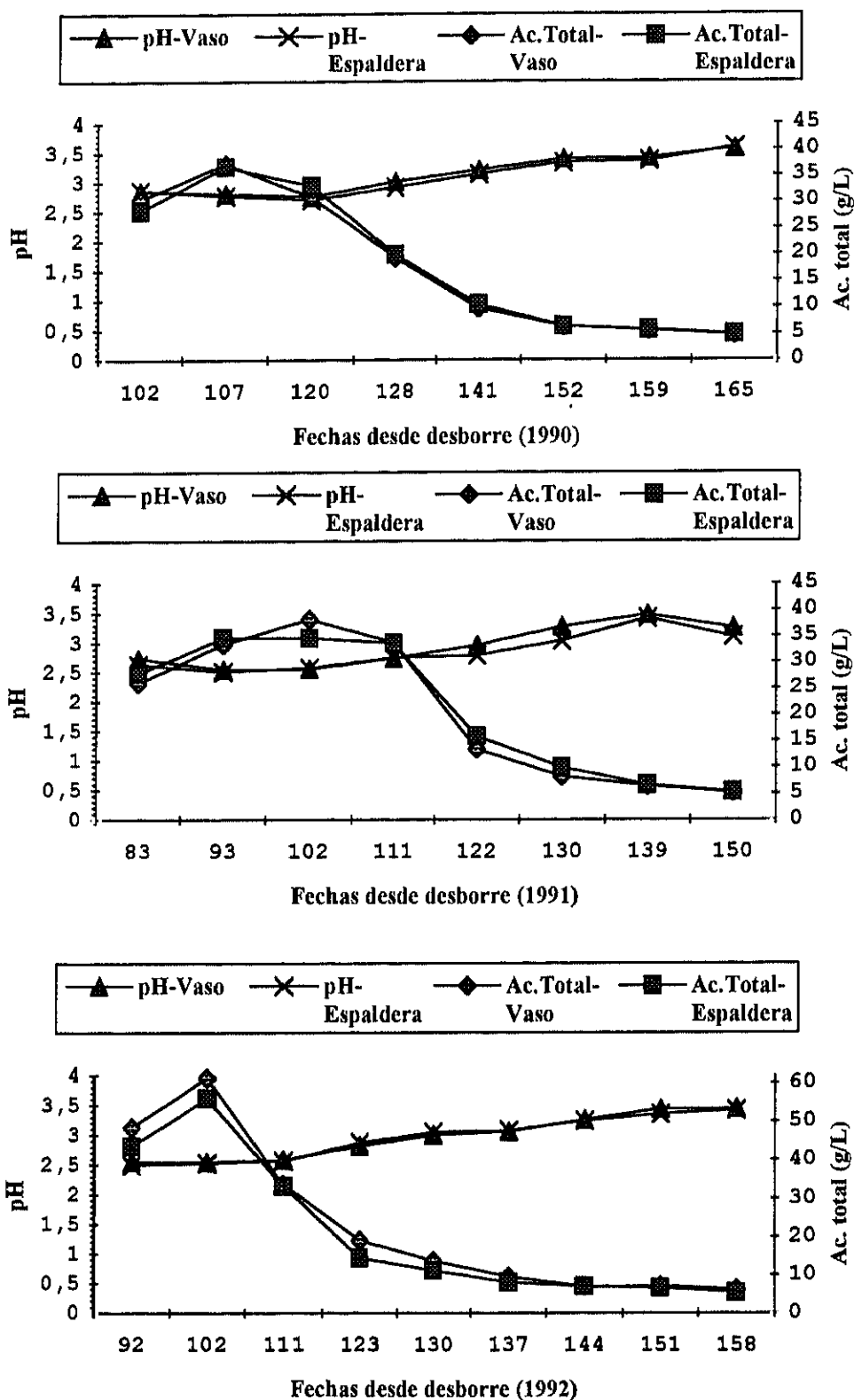
B) Estudio del pH en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se observa una estabilización inicial hasta el envero, produciéndose durante la maduración un aumento ligero pero continuado hasta el momento anterior de vendimia en el que se origina un descenso en el valor de pH, llegando a cifras de 3,26. El test de Duncan confirma esta evolución, ya que indica igualdad entre las fechas de la fase herbácea y es a partir del envero cuando se aprecian diferencias significativas hasta la fecha anterior a la vendimia.

En el tratamiento en espaldera el modelo seguido es igual al del vaso, como en el año anterior, pero los valores finales alcanzados son de 3,10. El test de Duncan muestra las mismas diferencias salvo que en dos fechas de la maduración las medias son iguales (111, 122).

En este año los valores alcanzados por el vaso son también mayores a los de la espaldera en casi todas las fechas. El estudio comparativo de los tratamientos, señala que hasta el envero no

Gráfico 27.- Evolución de la acidez total y pH del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



se producen diferencias, y sí a partir de esta fecha con la excepción de la 139 de la maduración (Tabla 98).

C) Estudio del pH en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se produce un aumento continuado desde que las bayas están en la fase herbácea hasta el final de la maduración, aunque la pendiente de aumento es poco pronunciada, llegando a valores finales de 3,45. El test de Duncan indica diferencias entre las tres fechas que siguen al envero, e igualdad de medias entre las dos últimas fechas y entre las fechas 130-137 de la maduración.

El tratamiento en espaldera es exactamente igual al seguido por el vaso, con valores finales en vendimia de 3,42. El test de Duncan expresa las mismas diferencias que en el caso del vaso.

Entre los dos tratamientos apenas existen diferencias en los valores adquiridos en cada una de las fechas del muestreo, y a medida que progresa la maduración los valores se van alternando. El análisis de la varianza de las diferencias entre tratamientos, confirma que no existen diferencias en ninguna fecha excepto en la primera (Tabla 98).

La tendencia general en los dos tratamientos es de un aumento del valor del pH a lo largo del proceso de maduración debido a una disminución de la acidez y a un aumento en la cantidad de cationes, y aunque los valores entre ambos tratamientos son muy parecidos en el caso del vaso suelen ser superiores a los de la espaldera, prácticamente todos los años. En el sistema de conducción en vaso, el mayor sombreado de los racimos favorece una menor combustión de los ácidos, fundamentalmente del málico, por lo que al disminuir la relación tartárico/málico se favorecen los mayores valores de pH. Hale (1977) indica que los altos valores de pH en las bayas son debidos a niveles de potasio elevados y a relaciones tartárico/málico bajas.

Smart y col. (1980) indican cómo un microclima sombreado en la viña aumenta el valor del pH y el contenido de potasio en el mosto en cualquiera de las fechas de muestreo. Aunque esos valores de pH dependen de si el sombreado natural se produce sobre los racimos o sobre las hojas, de modo que en el caso de las hojas aumentan los valores de pH y en el de los racimos no se producen diferencias significativas.

Reynolds y col. (1985) estudian distintos sistemas de conducción, observando que aquellos que suponen una mayor exposición de los racimos originan mostos de valores de pH y

tartárico más altos y cifras de acidez total y málico más bajas. Eso les sugirió que sistemas de conducción elevados y más abiertos provocan una mayor exposición de los racimos y una mejor calidad del mosto en términos de acidez y pH.

En el análisis factorial, tratamiento y fecha (Tabla 133), se comprueba que únicamente en 1991 existen diferencias en los valores alcanzados en función del tratamiento empleado, siendo superiores las cifras del vaso ($p \leq 0,05$), si bien en todas las fechas los valores son distintos. Sólo en 1991 existen diferencias en los valores del pH en función de la interacción de los dos factores.

1.3.2.2.- Evolución de la acidez total.

La evolución de la acidez total en los tres años tiene una tendencia descendente en los dos tipos de tratamientos y durante los tres años, como se muestra en la Tabla 53 y el Gráfico 27.

A) Estudio de la acidez total en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa un aumento inicial con un posterior descenso que es rápido y pronunciado desde el envero y durante las primeras fechas de maduración, seguido de una disminución más lenta hasta la estabilización en vendimia con valores de 4,7 g/L. El test de Duncan confirma esta evolución, ya que indica igualdad de medias entre las últimas fechas de la maduración, mientras que sí existen variaciones a partir de la segunda fecha de la fase herbácea y durante el proceso de disminución rápida.

En el tratamiento en espaldera el proceso es prácticamente el mismo al del vaso, con valores finales muy similares, llegando a 4,8 g/L. El test de Duncan indica diferencias entre la primera fecha y la 141 de la maduración, de manera semejante al proceso anterior.

Entre los dos tratamientos se observa que los valores en espaldera son superiores a los de vaso desde la fecha 107. Por el análisis de varianza se observa que en ninguna fecha hay diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 99).

B) Estudio de la acidez total en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se observa un aumento inicial hasta la fecha anterior al envero seguido durante toda la maduración de una disminución clara del valor de la acidez, siendo más acusada en las dos primeras fechas después del envero, llegando a valores en vendimia de 5,2 g/L. El test de Duncan indica diferencias entre el primer muestreo y la fecha 130 de la maduración.

En el tratamiento en espaldera el modelo seguido es muy parecido, con una estabilización hasta el envero, alcanzando valores en la vendimia de 5,3 g/L. El test de Duncan indica semejanza entre las fechas de la fase herbácea, existiendo diferencias hasta el momento anterior al final de la maduración.

Entre los dos tratamientos se ve que los valores en la espaldera son mayores a los del vaso salvo en dos fechas. La aplicación del análisis de varianza entre tratamientos determina que no existen diferencias significativas en ninguna fecha excepto en las siguientes: 102, 122 y 130 (Tabla 99).

C) Estudio de la acidez total en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se muestra un aumento inicial seguido de un descenso muy brusco hasta la fecha siguiente al envero, a partir del cual y durante el resto del proceso de la maduración sigue disminuyendo pero muy lentamente hasta llegar en vendimia a valores de 6,3 g/L. El test de Duncan indica diferencias entre las fechas de la fase herbácea mientras que desde el envero hasta vendimia existe una igualdad de medias.

En el tratamiento en espaldera se sigue el mismo comportamiento de descenso que en el vaso, como en años anteriores, hasta valores finales de 5,5 g/L. El test de Duncan muestra las mismas diferencias que en el caso anterior.

Comparando los dos tratamientos se observa que los valores en el vaso son superiores a los de espaldera durante todo el proceso excepto en la fecha 144 de la maduración. En el estudio de las diferencias entre los dos tratamientos, se comprueba que existen variaciones significativas en todas las fechas a partir del envero, excepto en la 144 (Tabla 99).

La evolución de la acidez (g/L) se caracteriza por presentar un aumento en la fase herbácea seguido de una disminución durante toda la maduración, los valores en los dos tratamientos son muy parecidos en casi todas las fechas de la evolución, a pesar de que el vaso debería tener valores superiores al proporcionar un microclima sobre los racimos que suponen un sombreado mayor que en la espaldera, favoreciendo temperaturas inferiores en el tejido de las bayas y una menor combustión de los mismos.

En el análisis factorial, tratamiento y fecha, a lo largo de los tres años (Tabla 133), se comprueba que en ninguno de ellos los valores de la acidez son distintos en función del tratamiento, por tanto los valores de acidez alcanzados en cada momento no dependen del sistema

de conducción, aunque sí lo son los valores alcanzados en las distintas fechas a lo largo de los tres años. Se comprueba que sólo en 1991 los valores de acidez van a ser diferentes por la interacción de los dos factores.

1.3.2.3.- Evolución del ácido tartárico.

La evolución del ácido tartárico según el tipo de tratamiento utilizado a lo largo de los tres años queda reflejada en la Tabla 54 y en los Gráficos 28 y 29.

A) Estudio del ácido tartárico en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa un continuo descenso desde la primera fecha de muestreo, es decir, desde que la baya se encuentra en fase herbácea hasta el final del proceso de maduración, si bien al final de la evolución existe una estabilización en ese descenso con valores en vendimia de 6,2 g/L. En el test de Duncan indica diferencias entre las cuatro primeras fechas, mientras que proporciona igualdad de medias entre las cuatro últimas fechas de maduración.

El tratamiento en espaldera describe exactamente el mismo modelo anterior con valores finales muy parecidos de 6,0 g/L. El test de Duncan expresa las mismas diferencias entre fechas que en el caso del vaso.

Entre los dos sistemas de conducción se observa que las concentraciones de tartárico (g/L) en espaldera son superiores a las del vaso excepto en las dos últimas fechas. A partir del estudio comparativo entre tratamientos obtenido por el análisis de varianza, se comprueba que no existen diferencias significativas en ninguna fecha excepto en la 141 de la maduración (Tabla 100).

B) Estudio del ácido tartárico en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se observa una disminución continuada desde la fase herbácea hasta vendimia, acentuándose ese proceso a partir del momento del envero y llegando a valores finales de 4,7 g/L. El test de Duncan indica diferencias entre las fechas anteriores al envero y las fechas de maduración.

En el tratamiento en espaldera el modelo seguido es el mismo con valores finales de 4,0 g/L. El test de Duncan muestra diferencias entre las dos primeras las fechas y las que siguen al envero.

Gráfico 28.- Evolución del tartárico (g/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

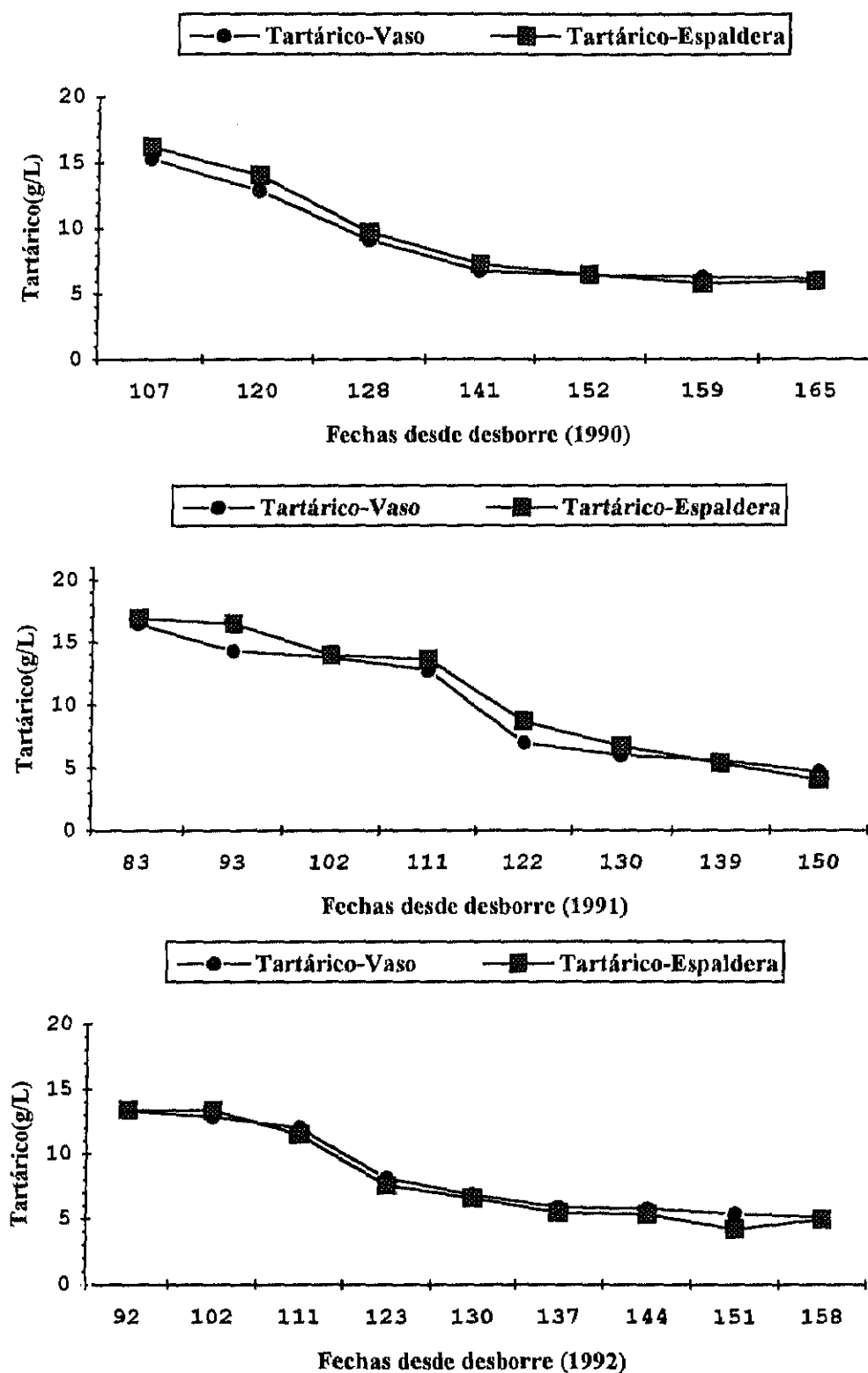
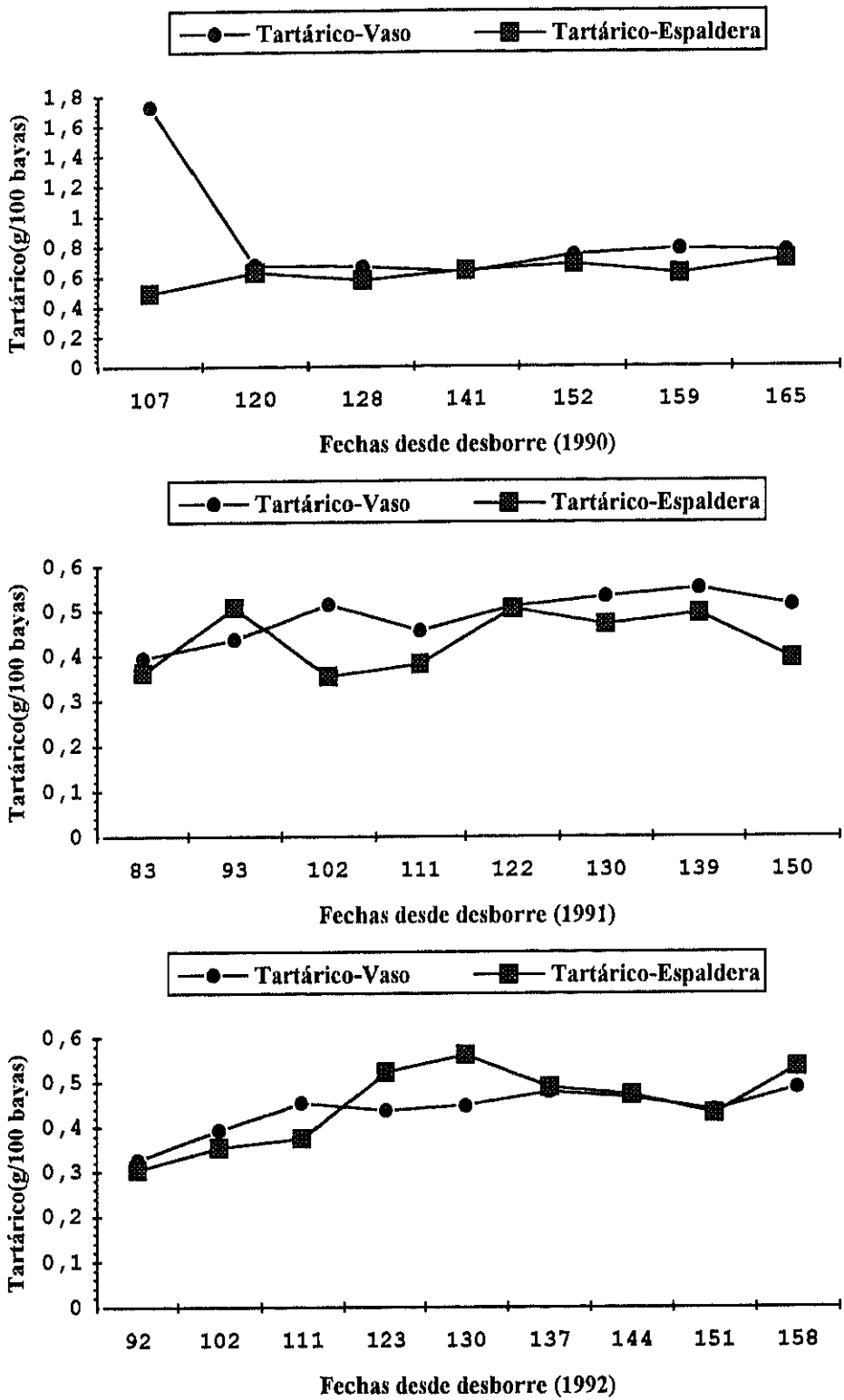


Gráfico 29.- Evolución del tartárico (g/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



Entre ambos tratamientos se comprueba que las concentraciones en la espaldera son superiores a las del vaso en todo el proceso excepto en las dos últimas fechas. El análisis de varianza muestra que no existen diferencias significativas entre los dos tratamientos en ninguna fecha excepto en la 93 y 122 (Tabla 100).

C) Estudio del ácido tartárico en el mosto de uva en 1992

En el tratamiento en vaso las concentraciones se mantienen estables durante la fase herbácea, y es a partir del envero cuando se produce una disminución más brusca seguida de una estabilización de los valores hasta vendimia, llegando a cifras de 5,1 g/L. El test de Duncan confirma esta evolución al indicar variaciones significativas entre las cinco primeras fechas de muestreo e igualdad de medias entre las tres últimas.

En el tratamiento en espaldera se sigue exactamente el mismo proceso, con valores en vendimia de 4,9 g/L. El test de Duncan señala las mismas diferencias salvo que hay dos fechas en las que se mantienen los valores (137-144).

Se comprueba que las concentraciones de tartárico (g/L) en el sistema en vaso son superiores a las de espaldera en todas las fechas excepto en las dos primeras. A través del análisis de varianza se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos en ninguna fecha excepto en la 137 y 144 (Tabla 100).

La tendencia general de la evolución del tartárico (g/L) a lo largo de los tres años y en los dos tipos de tratamientos es de una disminución continuada, más acentuada en el momento del envero, siendo generalmente los valores en la espaldera mayores a los del vaso. Por tanto la explicación a la disminución de la concentración del tartárico (g/L) es debido al efecto de dilución por el propio crecimiento de la baya, siendo el proceso más acentuado a partir del envero que es cuando se inicia el ritmo mayor de aumento del tamaño de la misma, por tanto en la evolución no existe una degradación neta del ácido sino una disminución por el efecto de dilución.

Este hecho se confirma en el estudio de la síntesis del tartárico (g/100 bayas) observando que en todos los años y tratamientos, existe un mantenimiento de los valores aunque con una tendencia ligeramente ascendente hasta el final de la maduración, estando los valores muy próximos en los dos tratamientos y evolucionando de forma alternada. Por el análisis de varianza se comprueba que en ningún año existen diferencias significativas entre tratamientos a lo largo de

las fechas de maduración, excepto en alguna de ellas como ocurre en 1990 en las fechas 152 y 159; en 1991 en la 102 y en 1992 en la 102 y el envero.

Morrison y Noble (1990) observan trabajando con la variedad Cabernet Sauvignon que el tartárico se acumula rápidamente antes del envero y a partir de este momento no se aprecia síntesis, siendo las pendientes de aumento inferiores en los tratamientos con sombreado de racimos y hojas, aunque en el momento de la vendimia no existían diferencias significativas entre los distintos tratamientos, es decir, los tratamientos de sombreado consiguen alcanzar al final valores parecidos. Aunque los tratamientos de sombreado afecten a las cantidades alcanzadas en el proceso de maduración, los modelos de acumulación de azúcares y el metabolismo de los ácidos son los mismos.

Morrison y Noble (1990) comprobaron que en los tratamientos de sombreado de las hojas se afectaban los componentes de las bayas, mientras que en los de sombreado de los racimos apenas sí se producían. Las diferencias de respuestas de los ácidos tartárico y málico al sombreado pueden ser parcialmente debidas a su distinto metabolismo durante el desarrollo de la baya.

En el experimento de Reynolds y col. (1986) al llegar las bayas a la madurez, los altos niveles de radiación recibidos por los racimos y sus hojas próximas, pueden favorecer un aumento en la síntesis y translocación del tartárico desde las hojas, alcanzándose concentraciones de acidez más elevadas en los racimos expuestos. Estos resultados contradicen los de Kliever (1968) que encontró valores mayores de acidez y de pH en bayas desarrolladas en condiciones de sombreado, es decir, de temperaturas inferiores.

La aplicación del análisis de varianza para los dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 133), comprueba que en los tres años los valores alcanzados por el tartárico (g/L) no son significativamente diferentes en función del tratamiento utilizado. Es decir, la evolución del tartárico en cada año es independiente de la geometría de la planta, y por tanto el sistema de conducción elegido no incide en los valores alcanzados, si bien los valores en cada una de las fechas de los distintos años son diferentes. Sin embargo se observa que no existe interacción de esos factores en ningún año.

1.3.2.4.- Evolución del ácido málico.

La evolución del málico tiene una tendencia descendente a lo largo de la maduración, en los dos tipos de tratamientos y a lo largo de los tres años (Tabla 55, Gráficos 30 y 31).

A) Estudio del ácido málico en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa una disminución continuada, con una pendiente muy pronunciada desde la fase herbácea hasta la fecha 141 de la maduración, y a partir de dicha fecha el descenso es suave hasta valores en la vendimia de 2,9 g/L. El test de Duncan demuestra que existen diferencias hasta la fecha 152 de la maduración, desde ésta hasta vendimia se mantiene igualdad de medias.

El tratamiento en espaldera es exactamente igual, llegando a valores en el momento final de la maduración de 2,8 g/L. El test de Duncan indica las mismas variaciones que en el tratamiento anterior.

Entre los dos tratamientos se observa que las concentraciones son muy parecidas, pudiéndose comprobar por el análisis de varianza que no existe ninguna fecha con diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 101).

B) Estudio del ácido málico en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se observa una disminución inicial y posterior recuperación hasta el envero, seguido de un brusco descenso a partir del envero, continuando con una disminución más lenta durante el resto del proceso de maduración hasta la vendimia, que es cuando se alcanzan valores finales de 2,2 g/L. El test de Duncan confirma esta evolución, no existiendo diferencias hasta el envero y tampoco en las tres últimas fechas.

En el tratamiento en espaldera se ve que existe una estabilización durante la fase herbácea hasta el envero, momento a partir del cual se sigue el mismo modelo que en el vaso, con valores en vendimia de 1,8 g/L. El test de Duncan indica igualdad de medias hasta el envero y diferencias entre las siguientes fechas que son iguales entre sí.

Entre ambos tratamientos se observa una alternancia en las concentraciones de málico (g/L) en las fechas anteriores al envero y luego tienen valores prácticamente iguales. En el estudio de las diferencias entre los tratamientos se observa que no existen en ninguna fecha excepto en la vendimia (Tabla 101).

C) Estudio del ácido málico en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se aprecia un aumento inicial seguido de una estabilización de los valores durante unos diez días, y como en años anteriores, se produce un brusco descenso

Gráfico 30.- Evolución del málico (g/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

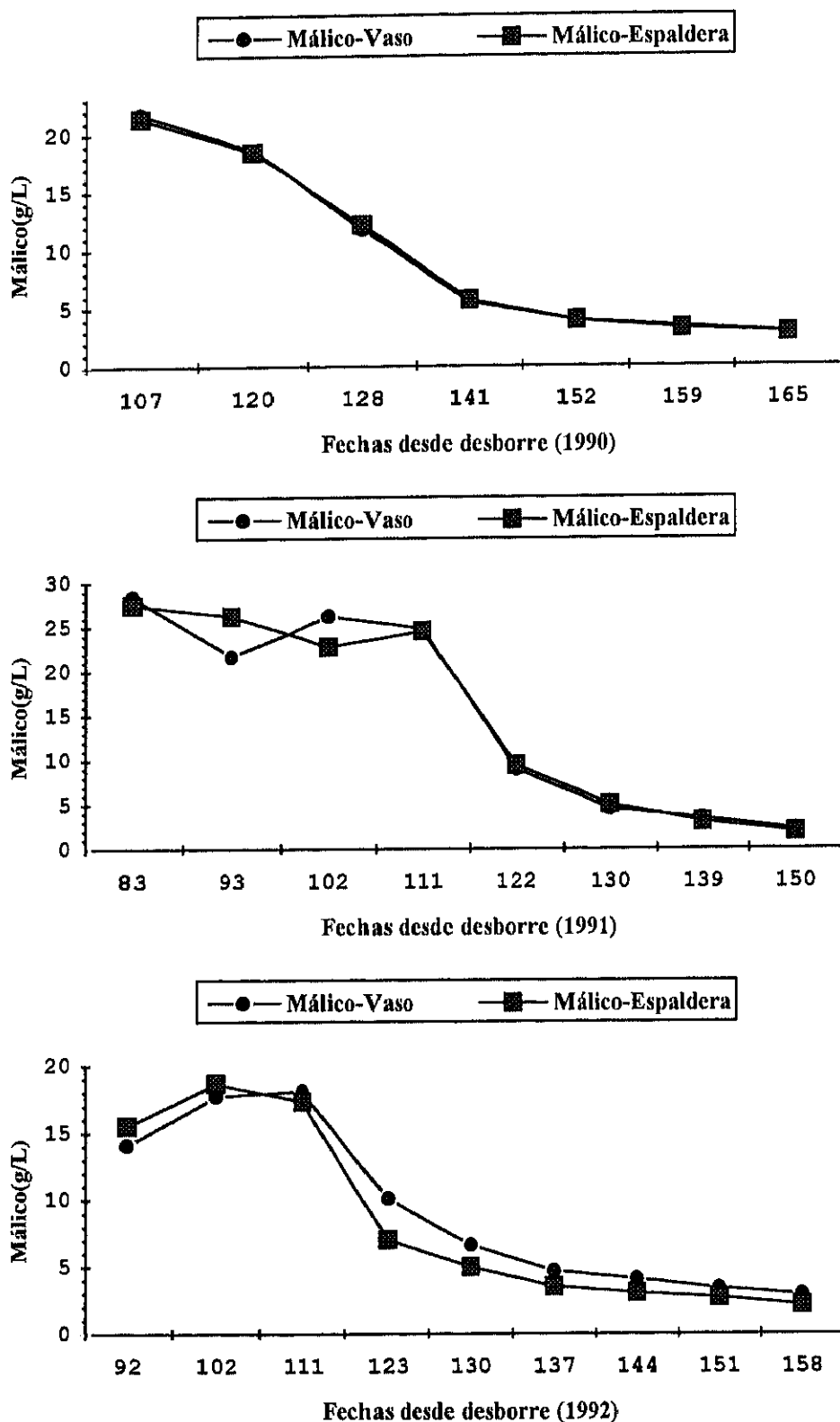
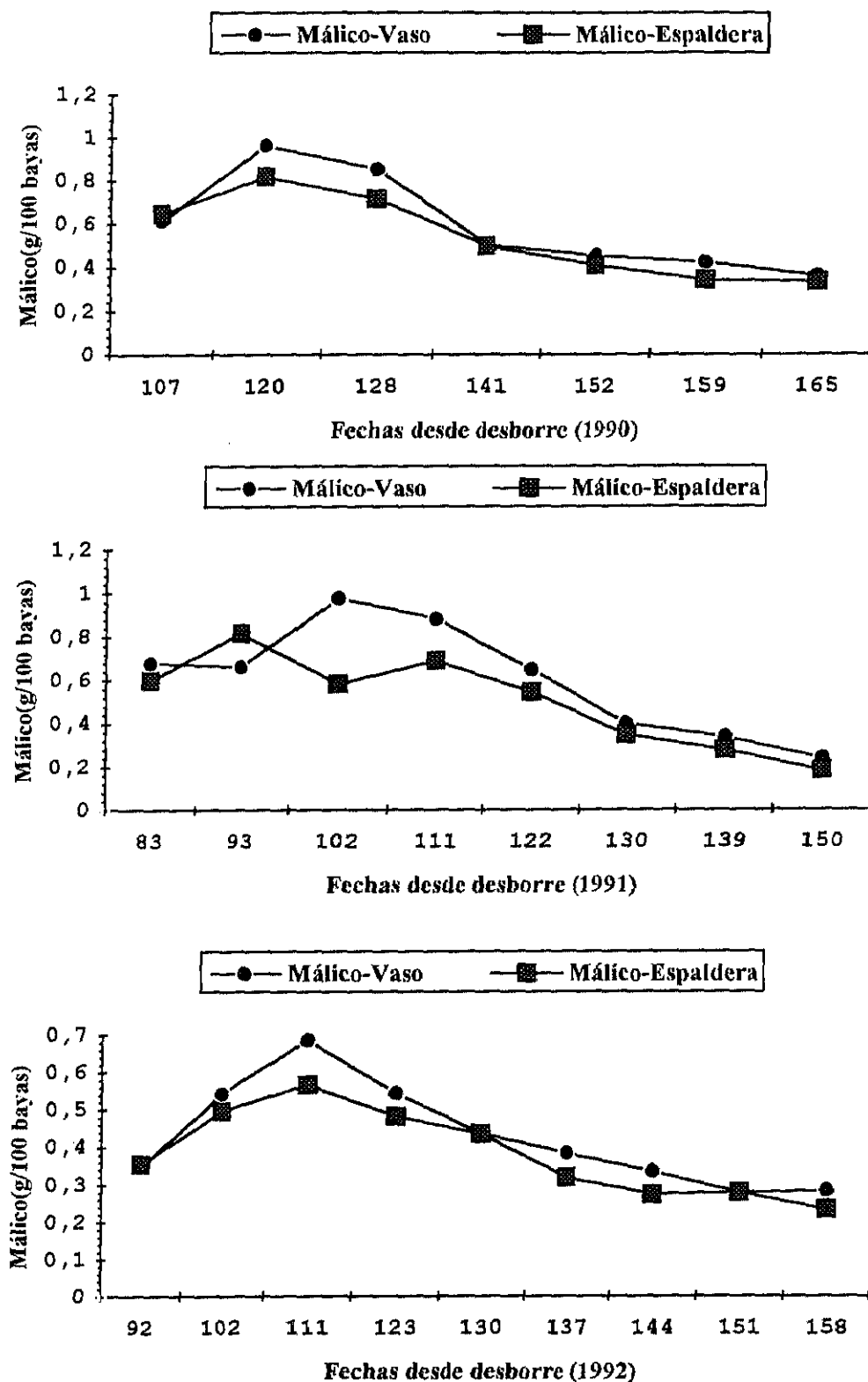


Gráfico 31.- Evolución del málico (g/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



iniciado en el envero y que continúa durante todo el proceso de maduración hasta valores finales en vendimia de 2,9 g/L. El test de Duncan indica diferencias entre las fechas a partir del envero.

En el tratamiento en espaldera se sigue el mismo modelo, pero con valores finales de 2,1 g/L. El test de Duncan indica diferencias entre todas las fechas, si bien existe igualdad de medias entre las tres últimas fechas.

Entre ambos tratamientos se observa que las concentraciones del málico (g/L) en espaldera son inferiores a las del vaso, salvo en las dos primeras fechas. En este año se observan diferencias significativas entre tratamientos en todas las fechas a partir del envero (Tabla 101).

La evolución del málico (g/L) durante todos los años y en los dos tipos de tratamientos presenta una tendencia descendente, produciéndose en el envero la mayor pendiente de disminución, siendo los valores muy parecidos o ligeramente superiores en el vaso. Harris y col. (1971) creen que el descenso después del envero, es debido a una desviación en el sustrato respiratorio de los azúcares hacia los ácidos orgánicos mayoritarios, y no por un aumento neto en la respiración de la baya durante la maduración. El sombreado en las hojas favorece el ritmo de acumulación del málico y disminuye el de descenso, pero no está claro si la disminución lenta del málico, en condiciones de sombreado, era el resultado de lentas pendientes respiratorias o de una incompleta desviación del azúcar a los ácidos para la respiración, y así se podría explicar los bajos contenidos en azúcares en los tratamientos de sombreado de las hojas. Por tanto las diferencias en málico se deben a una distinta intercepción luminosa por parte de los racimos.

En el estudio de la cantidad del málico (g/100 bayas) se observa que en ambos tratamientos tiene una tendencia descendente a partir del envero, siendo en todos los años los valores superiores globalmente en el vaso frente a la espaldera. En el estudio por el análisis de varianza de las diferencias entre tratamientos a nivel de las cantidades por baya, se aprecia que prácticamente no existen diferencias en ninguna fecha, así en el año 1990 sólo existen en dos fechas, en 1991 en las fechas 102, 122 y 150, y finalmente en 1992 en dos fechas. Por tanto la evolución del málico (g/L) en la maduración de las bayas descendió más rápido a partir del envero en todos los tratamientos, no sólo por el efecto de dilución más acentuado a partir de esta fecha sino por una mayor metabolización, siendo la suma de ambos procesos superior en el caso de la espaldera. El málico es el que va a marcar el descenso del valor de la acidez total, ya que el tartárico permanece casi constante en todo el proceso.

Coombe y Iland (1984) analizando bayas de la variedad Shiraz muestran que mientras el tartárico por baya permanece constante tanto en la pulpa como en el hollejo durante la maduración, el málico por baya descende en la pulpa y en el hollejo.

En el análisis factorial, tratamiento y fecha (Tabla 133), se observa que en 1990 y 1991 no existen diferencias en los valores adquiridos en función del tratamiento, mientras que sí van a existir en 1992 ($p \leq 0,05$), siendo superiores los valores en el vaso; a lo largo de las distintas fechas las cifras son diferentes según el año que se trate. La interacción de los dos factores sólo ha resultado ser significativa en 1992, por lo que la curva de evolución se modifica en función de ambos.

1.3.2.5.- Evolución del ácido cítrico.

La tendencia en el caso del cítrico es muy similar al resto de los ácidos ya mencionados, es decir, descendente en los dos tratamientos durante los tres años de estudio (Tabla 56 y Gráficos 32 y 33).

A) Estudio del ácido cítrico en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa un aumento inicial en la fase herbácea, con una caída brusca desde el envero hasta la segunda fecha del proceso de maduración, continuando con un descenso más lento y progresivo hasta estabilizarse al final de la vendimia en 0,25 g/L. El test de Duncan confirma esta evolución de modo que únicamente existen diferencias entre las dos primeras fechas con el resto que muestra una igualdad de medias.

El tratamiento en espaldera describe el mismo modelo, llegando a valores en vendimia de 0,23 g/L. El test de Duncan indica diferencias entre las fechas 120, 128, y 141, apareciendo a partir de aquí igualdad de medias.

Entre ambos tratamientos se observa que las concentraciones en espaldera son superiores a las de vaso hasta la tercera fecha de muestreo, a partir de aquí se invierte el proceso hasta vendimia. Estudiando las diferencias de valores (g/L) entre los dos tratamientos se comprueba que no existen diferencias significativas en ninguna fecha (Tabla 102).

B) Estudio del ácido cítrico en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso la evolución del cítrico se inicia con un ligero aumento y estabilización de los valores, siendo a partir del envero cuando se produce una caída rápida

Gráfico 32.- Evolución del cítrico (g/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

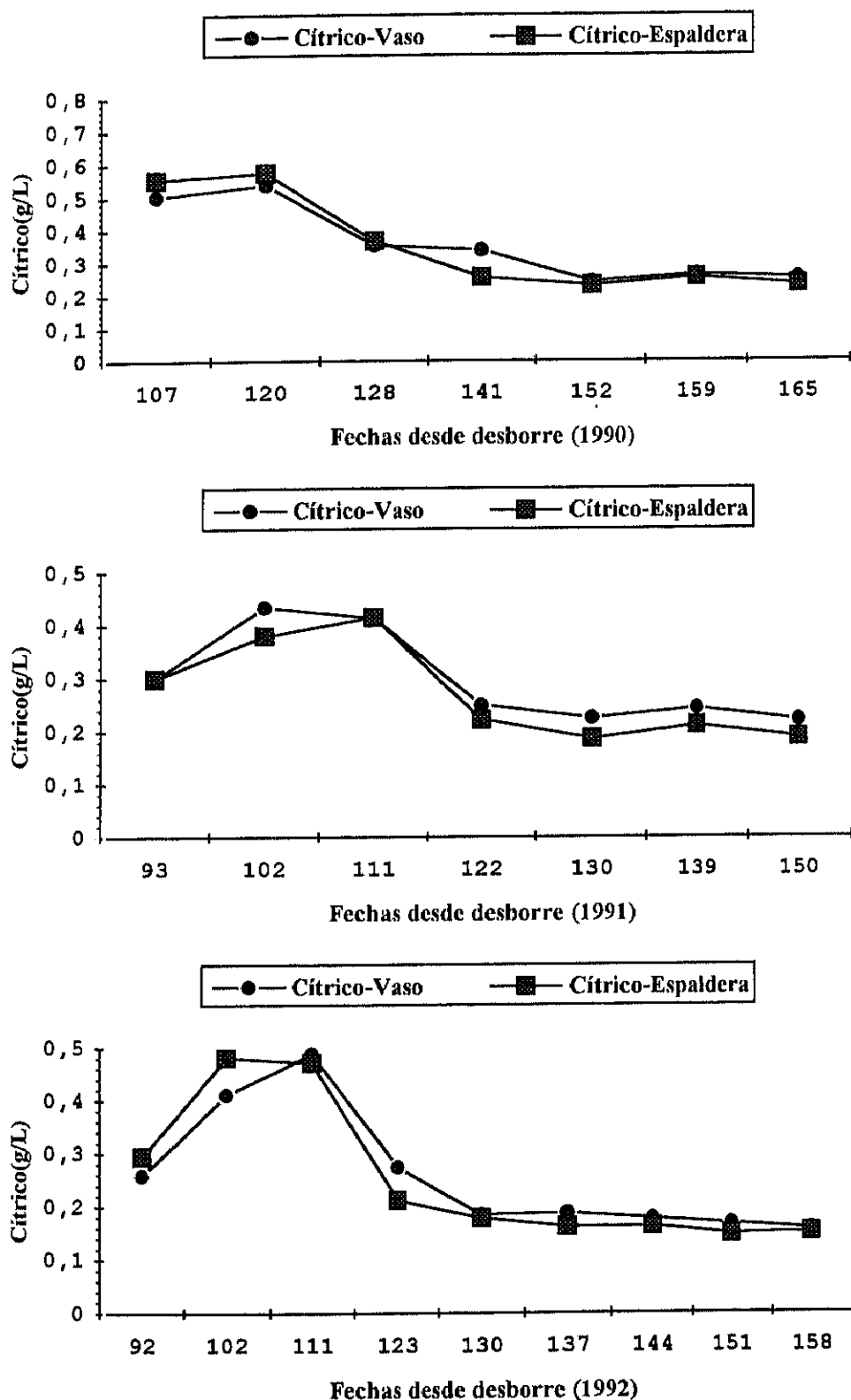
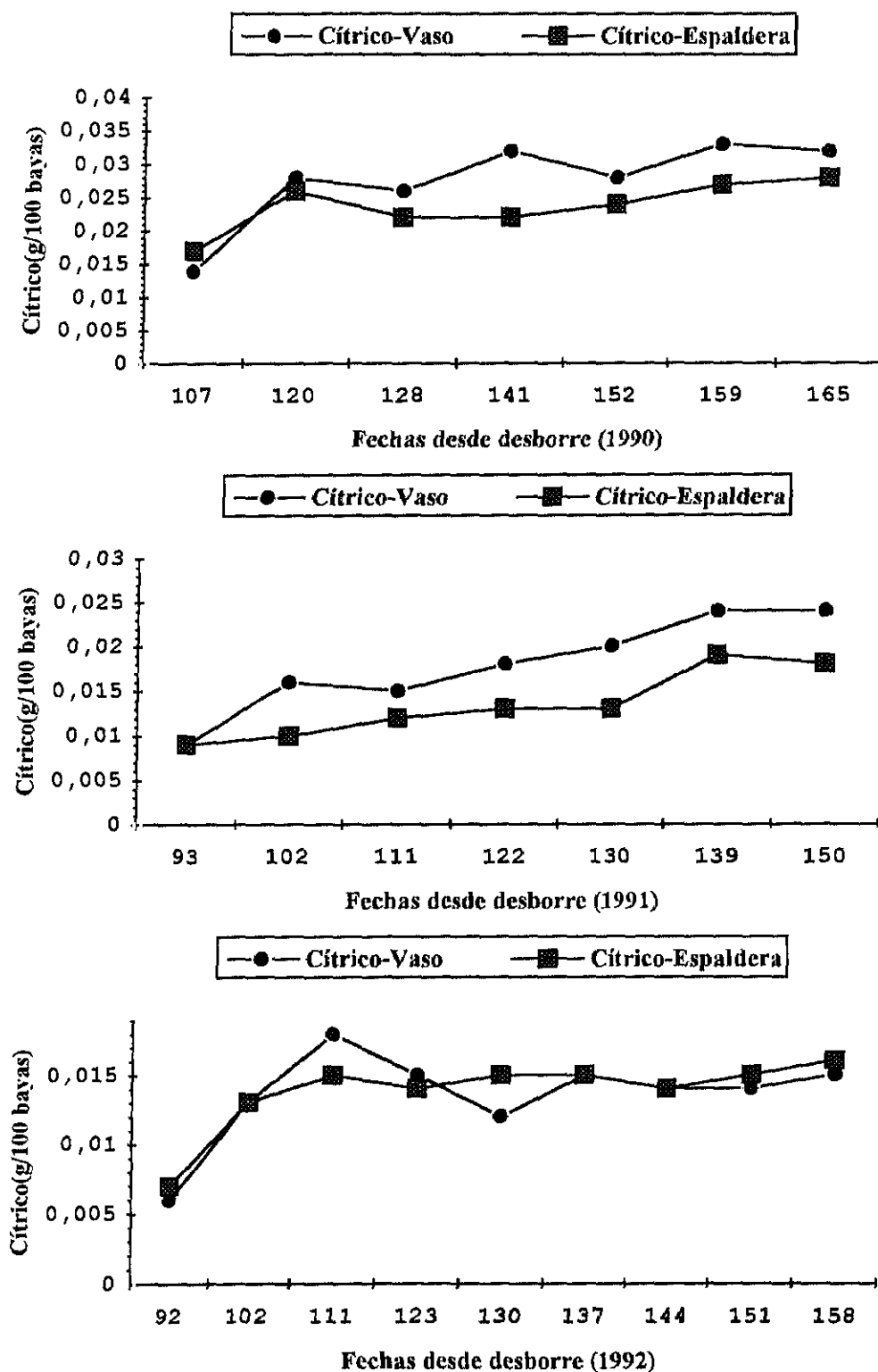


Gráfico 33.- Evolución del cítrico (g/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



seguida de un mantenimiento de las concentraciones hasta el momento de la vendimia con cifras de 0,22 g/L. El test de Duncan indica una igualdad de medias entre todas las fechas que siguen al envero mostrando diferencias entre las dos primeras fechas.

El tratamiento en espaldera empieza con un rápido aumento desde la primera fecha hasta el envero siguiendo posteriormente el mismo modelo que en el vaso, llegando a valores finales de 0,19 g/L. El test de Duncan señala las mismas diferencias que en el caso anterior.

Las concentraciones de cítrico (g/L) en la espaldera son siempre inferiores a las del vaso, aumentando las diferencias a partir del envero que es cuando más acusado es el efecto de dilución. El estudio comparativo de ambos tratamientos señala que no existen diferencias en ninguna fecha excepto en la 102, 130 y en la fecha de la vendimia (Tabla 102).

C) Estudio del ácido cítrico en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa un aumento inicial hasta el envero seguido de una caída brusca, a partir de aquí y durante todo el proceso de maduración la disminución es mucho más lenta, estabilizándose hasta llegar finalmente en vendimia a valores de 0,16 g/L. El test de Duncan muestra diferencias en las tres primeras fechas, mostrando igualdad de medias entre todas las fechas que siguen al envero.

En el tratamiento en espaldera la evolución es similar incluso llegando a valores finales muy parecidos de 0,15 g/L. El test de Duncan indica las mismas variaciones.

Comparando los dos tratamientos se observa que las concentraciones en espaldera son inferiores a las del vaso salvo en las dos primeras fechas. En el estudio, por el análisis de varianza, de las diferencias entre tratamientos, se comprueba que no existen diferencias significativas en ninguna fecha excepto en la 102, 123, y 137 (Tabla 102).

La tendencia de la evolución de este ácido (g/L) en los dos tipos de tratamientos es muy parecida, y consta de dos fases, un ascenso durante la fase herbácea y una disminución de los valores hasta el final de la maduración, siendo más acusada la pendiente de descenso a partir del envero, como ocurría con el málico, que es cuando se suma el efecto de dilución y del pequeño descenso en el valor de este ácido por respiración o translocación.

En el estudio de la acumulación del cítrico (g/100 bayas) en los dos tipos de tratamientos a lo largo de su evolución se comprueba que se produce un aumento muy ligero tanto en el vaso como en la espaldera, siendo mayores las cantidades en el tratamiento en vaso durante los dos

primeros años, mientras que en 1992 las cantidades están muy próximas sin una preferencia clara entre tratamientos. En el análisis de varianza se comprueba que al estudiar las diferencias de las cantidades por baya entre los tratamientos no aparecen diferencias en casi ninguna fecha en los años 1990 y 1992, mientras que en 1991 aparecen diferencias en todas las fechas a partir del envero.

En el estudio por análisis de varianza de dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 133), se comprueba que sólo en 1991 existen diferencias significativas en las concentraciones de cítrico (g/L) en función del tratamiento elegido, siendo superior los valores del vaso, si bien en todos los años existen diferencias según la fecha que se trate. Además sólo en 1992 los valores son distintos en función de la interacción de los dos factores.

1.3.2.6.- Evolución de la relación tartárico/málico.

Es uno de los índices de maduración estudiados, y tiene una tendencia ascendente en los dos tratamientos y durante los tres años (Tabla 57 y el Gráfico 34).

A) Estudio de la relación tartárico/málico en el mosto de uva en 1990.

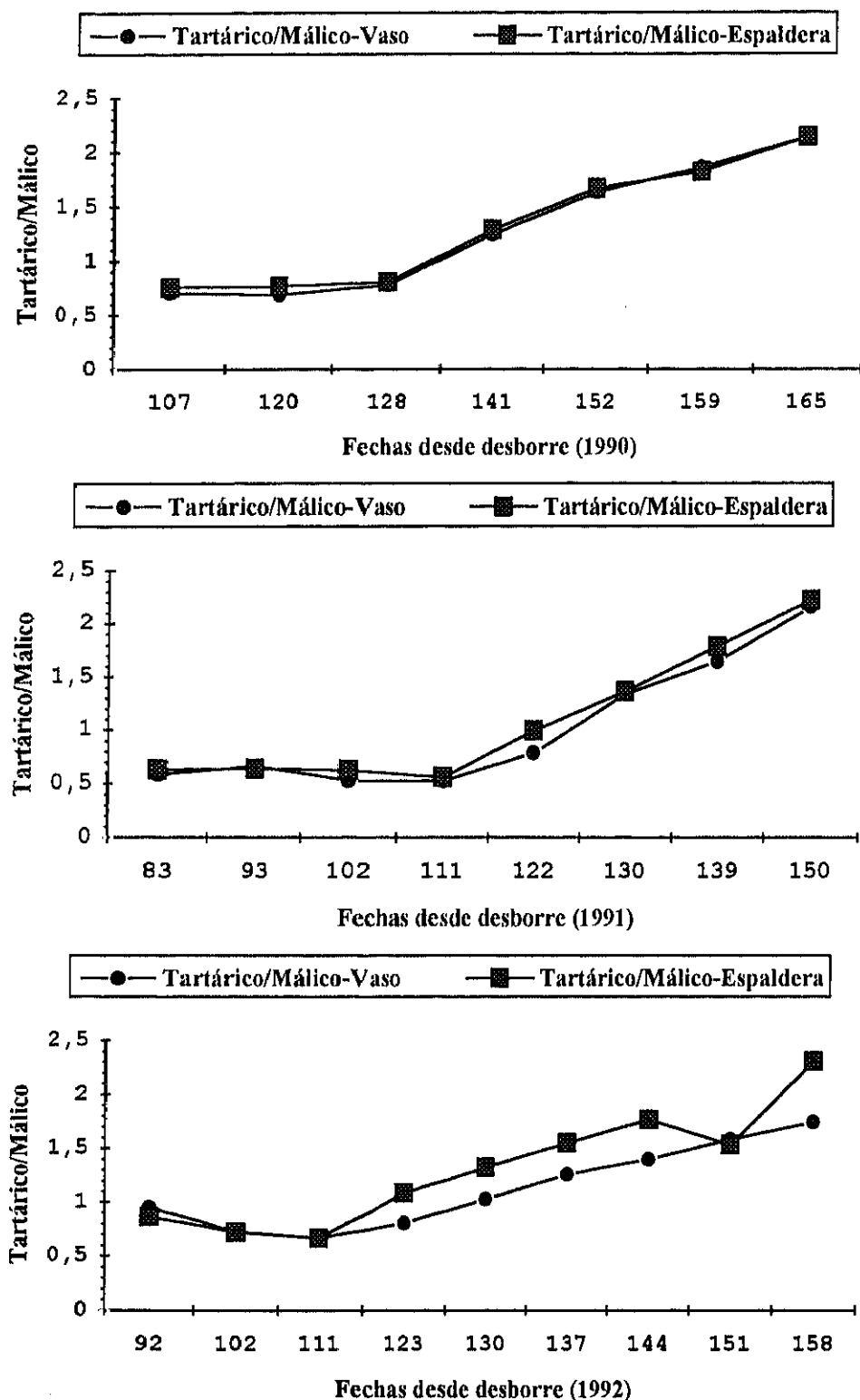
En el tratamiento en vaso se observa un ligero aumento hasta la fecha 128 del proceso de maduración, momento en el que se produce un incremento con una pendiente elevada del valor de esa relación hasta valores finales de 2,1. El test de Duncan confirma esta evolución ya que se observa igualdad de medias hasta la fecha 128 y diferencias entre todas las fechas a partir del envero.

En el tratamiento en espaldera el modelo seguido es exactamente el mismo, llegando a los mismos valores finales de 2,1. El test de Duncan muestra las mismas diferencias que en el vaso, salvo dos fechas de la maduración (152-159) que mantienen los valores constantes.

Los valores alcanzados en los distintos tratamientos son muy parecidos, es decir, el valor del tartárico es mayor que el málico a partir del momento del envero llegando a ser el doble en la vendimia. En el estudio de las diferencias entre tratamientos a lo largo de la evolución se observa que en ninguna fecha existen diferencias significativas (Tabla 103).

B) Estudio de la relación tartárico/málico en el mosto de uva en 1991.

Gráfico 34.- Evolución de la relación tartárico/málico del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



En el tratamiento en vaso se observa durante el periodo herbáceo y hasta el envero un mantenimiento de los valores, produciéndose a partir de esta fecha un aumento rápido durante todo el proceso de maduración hasta el momento de la vendimia con valores finales de 2,2. El test de Duncan corrobora la evolución al indicar diferencias entre todas las fechas que siguen al envero, mostrando igualdad de medias entre las fechas de la fase herbácea.

En el tratamiento en espaldera se produce el mismo comportamiento que en el caso anterior, llegando a valores similares en vendimia de 2,2. El test de Duncan muestra las mismas diferencias que en el caso anterior.

Entre los dos tratamientos se observa que los valores en el caso de la espaldera van a ser superiores en la mayoría de las fechas. En el estudio por el análisis de varianza de las diferencias entre tratamientos se comprueba que no existen diferencias en ninguna fecha excepto en la 122 de la maduración (Tabla 103).

C) Estudio de la relación tartárico/málico en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa, como en el año anterior, que existe una ligera disminución de esa relación hasta el envero (coincidiendo con un aumento del málico), momento en el que se inicia un rápido aumento hasta el final de la maduración, llegando a valores en vendimia de 1,7; este valor es el más bajo de los alcanzados para este tratamiento en los tres años. El test de Duncan indica diferencias entre todas las fechas a partir del envero.

En el tratamiento en espaldera se observa un comportamiento igual al anterior, excepto en una de las fechas de la maduración en las que se produce un ligero descenso llegando en vendimia a valores finales de 2,3; es decir, el valor del tartárico llega a ser hasta dos veces más elevado que el málico. El test de Duncan muestra diferencias entre la fase herbácea con el resto de las fechas de la maduración.

Entre ambos tratamientos se observa que los valores de la espaldera van a ser superiores al vaso. En el análisis de varianza se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos hasta el envero, mientras que a partir de esa fecha aparecen diferencias en todas las fechas excepto en la 151 (Tabla 103).

La tendencia general de este proceso a lo largo de los años y en los dos tratamientos es la misma, es decir, un aumento del valor de esa relación y por tanto del valor del tartárico en relación al málico, siendo más acusado a partir del envero que es cuando se inicia la combustión

del málico. A medida que avanzan los años se produce a partir del envero un mayor distanciamiento de los valores de esa relación entre los dos tratamientos, siendo los valores superiores en la espaldera, lo que indica que de los dos ácidos el málico es el que disminuye en mayor proporción, debido a esa mayor exposición de los racimos en este tratamiento.

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 133), se comprueba que sólo en 1992 los valores de esa relación son diferentes en función del tratamiento elegido, siendo superiores los valores en espaldera, y comprobando que las cifras de esa relación varían a lo largo de las distintas fechas según los años. Sólo en 1992 los valores alcanzados son distintos por la interacción de los dos factores

1.3.2.7.- Evolución de la relación tartárico/suma de los ácidos mayoritarios.

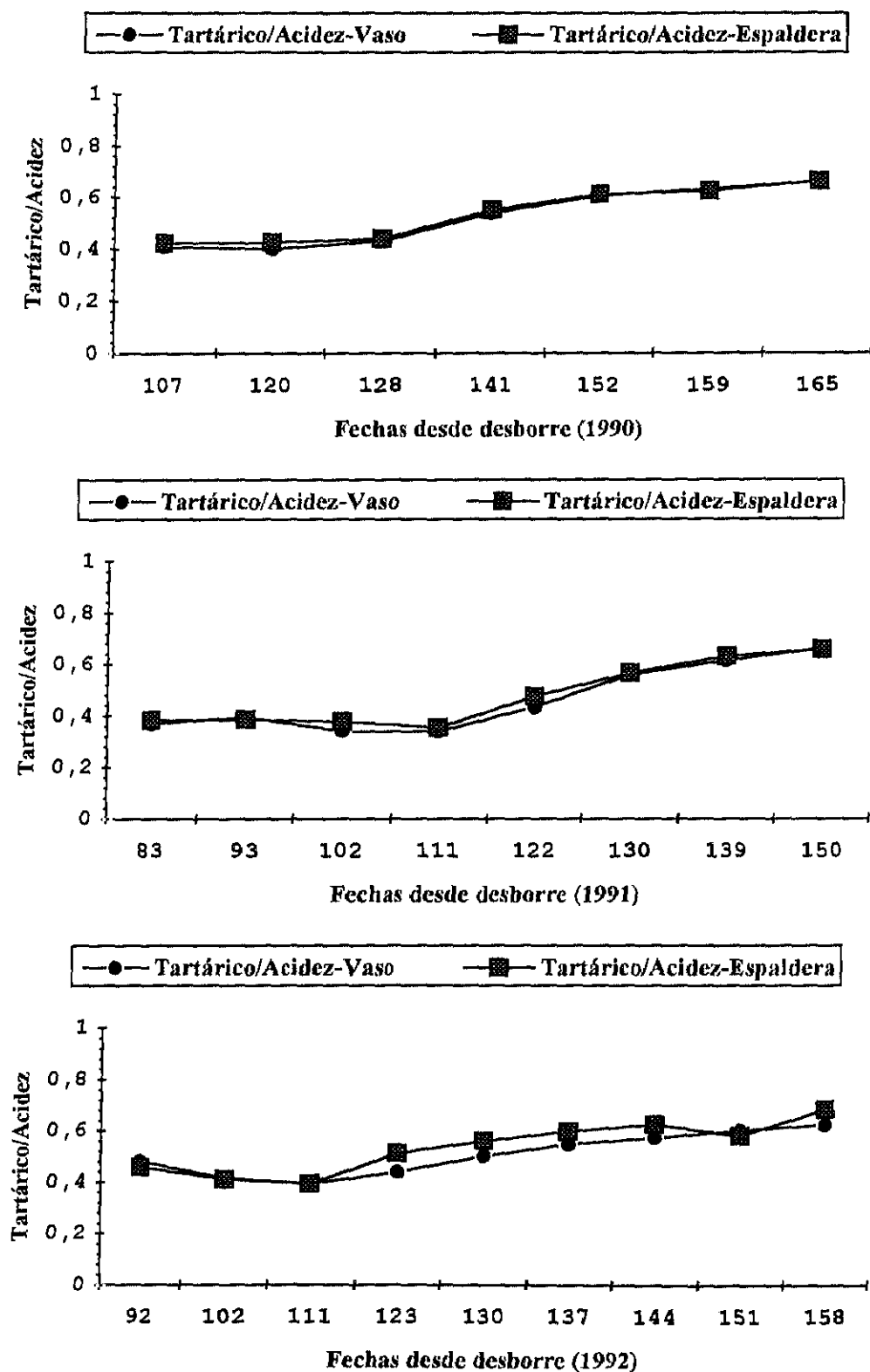
Otro de los índices se refiere al tartárico en relación al resto de los ácidos. Su evolución se estudia en el Tabla 58 y el Gráfico 35.

El estudio de la evolución de los valores alcanzados por esta relación a lo largo de la maduración en los dos tipos de tratamientos durante los tres años es muy parecida, así el proceso seguido consiste en un periodo de estabilización inicial hasta el envero, es decir, se mantiene el porcentaje de tartárico respecto a los otros ácidos, a continuación se produce un aumento que continúa hasta el momento final, alcanzando valores en vendimia de 0,7 y 0,6 de modo que durante todo el proceso se produce un aumento de la proporción del tartárico con respecto a los otros ácidos. Los valores en el caso de la espaldera son en la mayoría de los casos superiores ligeramente a los del vaso.

En el estudio de las diferencias en los valores alcanzados por los dos tratamientos en cada una de las fechas de muestreo se ve que en el caso de 1990 no hay diferencias en ninguna fecha, en 1991 tampoco aparecen a excepción de la fecha 122, y finalmente en 1992 existen diferencias en todas las fechas a partir del envero salvo en una de ellas (151) (Tabla 104).

En el tratamiento factorial, tratamiento y fecha (Tabla 133), se observa que sólo en 1991 existen diferencias entre los valores alcanzados según el tipo de tratamiento empleado, además de existir diferencias en los valores según la fecha de cada uno de los años. Se observa que sólo en 1992 los valores son diferentes por la interacción de los dos factores.

Gráfico 35.- Evolución de la relación tartárico/suma de ácidos del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



1.3.2.8.- Evolución de otros índices.

Fundamentalmente se refieren a relaciones entre los ácidos y los azúcares.

1.3.2.8.1.- El índice de Weaver.

Este índice se estudia en la Tabla 59 y se representa en el Gráficos 36 y 37.

A) Estudio de la relación °Brix/acidez total en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa una estabilización de valores hasta el envero, a partir de aquí y durante todo el proceso de maduración existe un continuo aumento, siendo mayor el ritmo de aumento desde el envero hasta las tres fechas antes de la vendimia, llegando a valores finales de 4,9. El test de Duncan confirma esta evolución, ya que existen diferencias entre todas las fechas a partir del envero, existiendo igualdad de medias entre las fechas de la fase herbácea.

En el tratamiento en espaldera el modelo es exactamente el mismo, con valores finales de 4,6. El test de Duncan muestra las mismas diferencias que en el caso del vaso.

Entre estos tratamientos los valores en el vaso son superiores, salvo en las dos primeras fechas. En el estudio de las diferencias entre tratamientos por el análisis de varianza, se comprueba que no existen diferencias significativas en ninguna fecha excepto en la primera (Tabla 105).

B) Estudio de la relación °Brix/acidez total en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se observa una estabilización de los valores hasta el envero, a partir de este momento y durante el resto de la maduración, el ascenso tiene una pendiente acentuada y continúa hasta valores finales de 4,4. El test de Duncan corrobora esta evolución ya que muestra diferencias entre todas las fechas a partir del envero, mientras que existen semejanzas entre las fechas de la fase herbácea.

En el tratamiento en espaldera tiene el mismo comportamiento hasta el envero pero el ascenso posterior tiene una menor pendiente que en el tratamiento en vaso. El test de Duncan muestra las mismas diferencias.

Entre los dos tratamientos se observa que los valores en el vaso son superiores a los de espaldera. En el estudio de las diferencias entre tratamientos se comprueba que existen en todas las fechas diferencias que siguen al envero excepto en la 139 de la maduración (Tabla 105).

Gráfico 36.- Evolución de la acidez total y °Brix del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

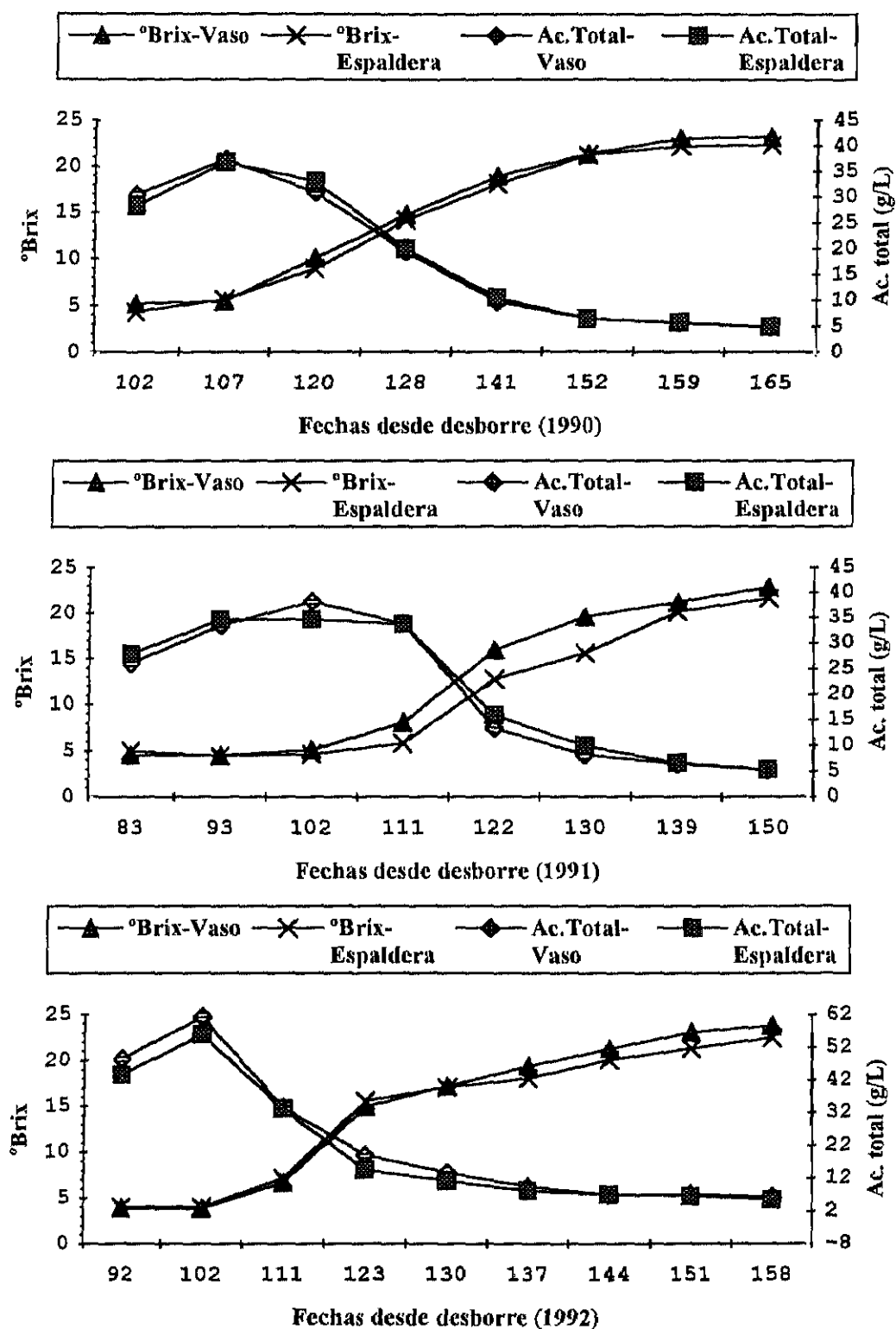
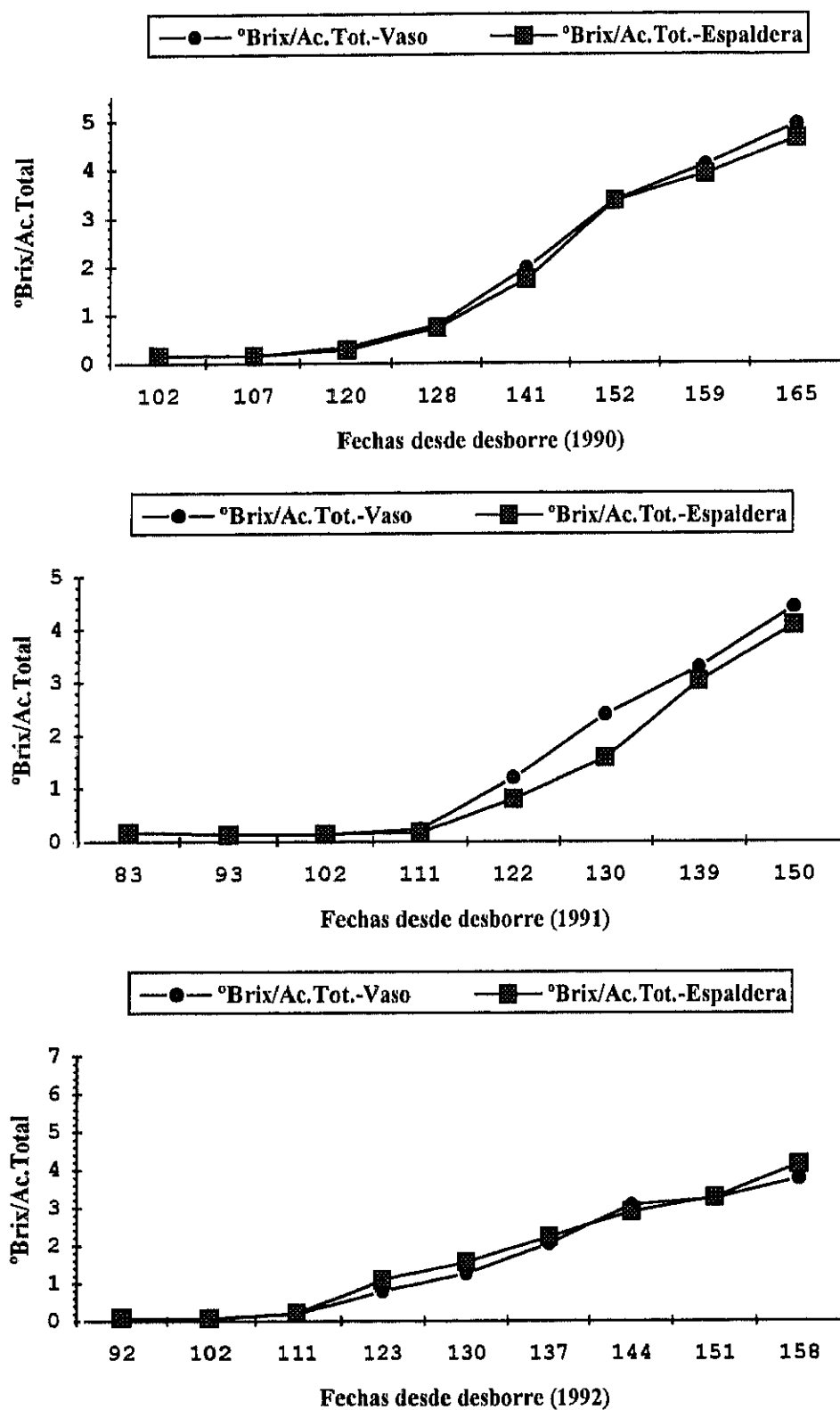


Gráfico 37.- Evolución de la relación °Brix/Ac.Total del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



C) Estudio de la relación °Brix/acidez total en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa una estabilización inicial hasta el envero, seguido durante el resto del proceso de maduración de un aumento hasta la fecha anterior a la vendimia, en la que se origina un incremento muy brusco llegando a valores de 3,8. El test de Duncan señala diferencias sólo a partir del envero, salvo entre las fechas 144-151 que son iguales.

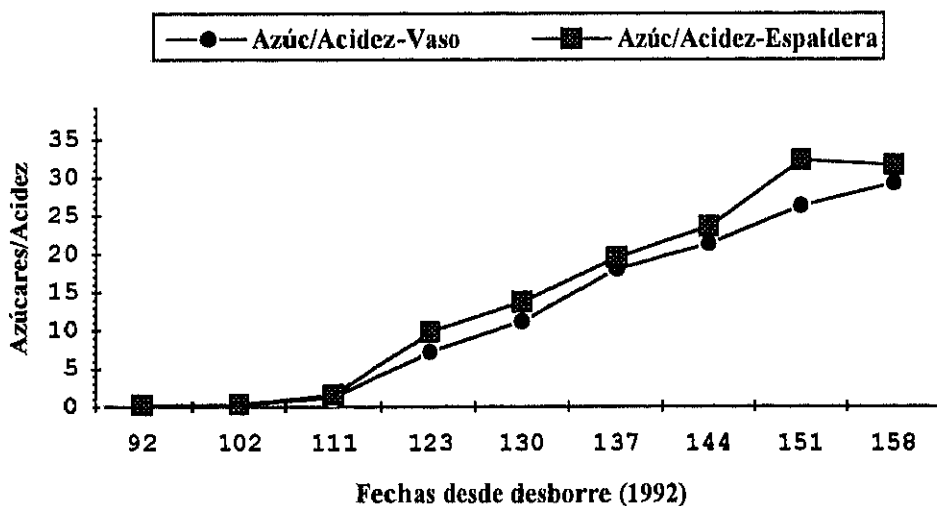
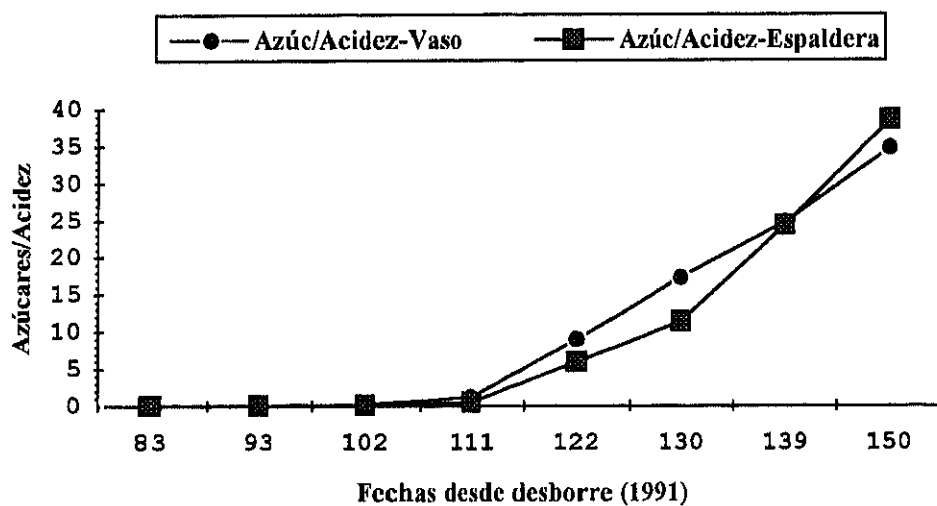
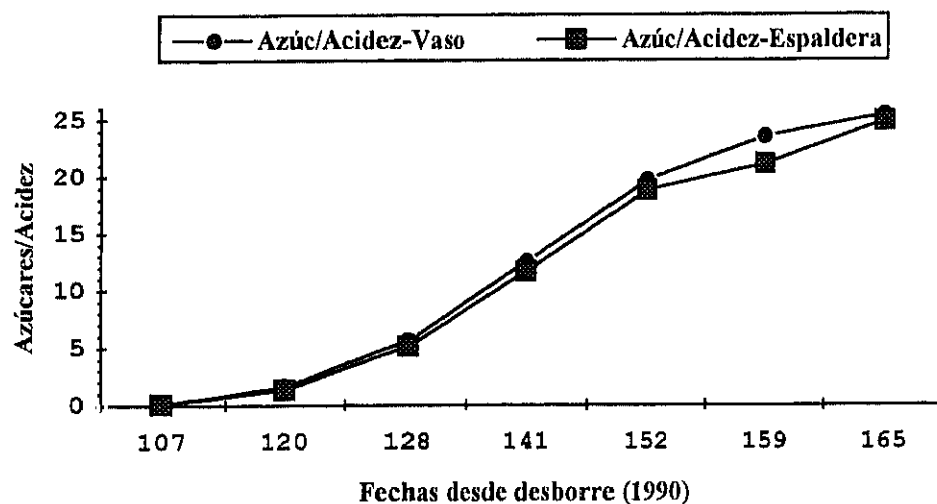
En el tratamiento en espaldera el comportamiento es prácticamente paralelo, hasta valores en vendimia de 4,5. El test de Duncan indica diferencias entre todas las fechas a partir del envero.

Al comparar los dos tratamientos se ve que los valores en espaldera son superiores a los del vaso en todas las fechas salvo en la 144 de la maduración. El análisis de varianza constata que no existen diferencias entre los dos tratamientos en ninguna fecha excepto en la 102 y 123 (Tabla 105).

Kingston y Van Epenhuijsen (1989) estudiaron la influencia de la superficie foliar sobre el desarrollo de las bayas y observaron que al aumentar las hojas se adelanta la maduración, es decir, cuanto mayor es la superficie foliar fotosintéticamente activa mayor es la cantidad de energía disponible para ser transformada en azúcares (°Brix), siendo en este caso superior en el vaso. Esto lo confirma Kliewer (1970) al observar en sus ensayos de defoliación que cuanto mayor es la severidad de este proceso, mayor es la reducción de los azúcares por baya en cualquier fecha de muestreo, al igual que mayor es el tiempo en disminuir los ácidos, y por tanto menor es la relación °Brix/acidez. Posteriormente Kliewer y Weaver (1971) observan que cuanto mayor es la producción (menor relación área foliar/peso de frutos) las bayas maduran más tarde y las relaciones °Brix/acidez son menores. En nuestro caso el vaso sintetiza más proporción de azúcares y la disminución de los ácidos es más lenta, por lo que la evolución de esa relación es mayor en el vaso que en la espaldera.

En el análisis factorial, tratamiento y fecha (Tabla 133) a lo largo de los tres años, se demuestra que los valores de esta relación son diferentes en función del tratamiento empleado sólo en 1991, si bien existen diferencias en los valores según las fechas del muestreo del año. En este estudio se observa que sólo en 1990 los valores no son diferentes por la acción conjunta

Gráfico 38.- Evolución de la relación azúcares/acidez del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



de los dos factores, mientras que en los otros dos años la evolución si está condicionada por el tratamiento elegido

1.3.2.8.2.- El índice "gluco-acídico".

La evolución de la siguiente relación durante los años de muestreo se estudia en la Tabla 60 y se representa en el Gráfico 38

Durante los tres años se produce, como en el índice anterior, un progresivo aumento que va a empezar desde el envero y continúa durante toda la maduración, terminando en vendimia con valores que oscilan entre 24 y 39. Entre ambos tratamientos se observa que los valores en el vaso son superiores a los de espaldera en 1990, en 1991 sucede lo mismo excepto en la fecha de la vendimia y finalmente en 1992 se invierte el proceso

En el estudio de las diferencias entre tratamientos a lo largo de las fechas en los tres años del muestreo, se observa que en 1990 en ninguna fecha existen diferencias significativas, en 1991 tampoco van a existir salvo en las fechas 122 y 130, y en 1992 existen diferencias hasta la fecha del envero (Tabla 106)

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 133), se observa que en 1991 y 1992 los valores son diferentes en función del tratamiento empleado, si bien los valores a lo largo de las fechas son diferentes según el año. En este análisis se comprueba que en 1990 y 1991 los valores difieren en función de la interacción de ambos factores

1.4.- EVOLUCION DE LA FRACCION MINERAL: K, Ca, Mg, y Na.

Excepto el potasio el resto de los cationes tienen una evolución descendente, aunque en el caso del sodio no está bien definida, y podría considerarse que presenta una cierta estabilización.

1.4.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO.

1.4.1.1.- Evolución del potasio

El potasio, en los dos tratamientos, durante los tres años tiene una tendencia ligeramente ascendente (Tabla 15, Gráficos 39 y 40).

A) Estudio del potasio en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa un aumento y disminución rápida en un periodo de unos 20 días seguido durante todo el proceso de maduración de un aumento hasta el momento de la vendimia, llegando a valores de 2,1 g/L. El test de Duncan muestra igualdad de medias entre las fechas 120-152 del proceso de maduración.

En el tratamiento de secano se observa el mismo comportamiento, salvo en la última etapa en la que el valor final es más elevado que en el regadío 2,9 g/L. El test de Duncan señala diferencias prácticamente entre la primera y la última fecha estando las fechas intermedias de la maduración igualadas en sus medias.

Comparando los dos tratamientos se comprueba que en el caso de las concentraciones de potasio (g/L) los valores en el regadío están por encima a los de secano sólo en tres fechas (128, 141, 152) aunque no son distintos significativamente. El estudio de las diferencias entre tratamientos a través del análisis de varianza para los valores de potasio (g/L) a lo largo de las fechas de desarrollo, demuestra que en 1990 sólo se manifiestan diferencias significativas en la primera y última fecha (Tabla 107).

B) Estudio del potasio en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa una ligera tendencia a disminuir desde la fase herbácea hasta el envero, momento en el que empieza un aumento hasta el momento final de la vendimia, al que se llega con valores de 1,4 g/L. El test de Duncan muestra muchas similitudes entre los valores.

La evolución en el tratamiento de secano presenta una estabilización inicial con un descenso justo antes de empezar el envero, y en el resto del proceso de maduración se produce un aumento aunque los valores se mantienen bastante estabilizados llegando a valores finales iguales a los del anterior tratamiento de 1,4 g/L. El test de Duncan indica variaciones significativas entre las fechas que siguen al envero.

Comparando las concentraciones de potasio (g/L) entre los dos tratamientos se comprueba que son siempre inferiores en el regadío. Por el análisis de varianza se observa que

Gráfico 39.- Evolución del potasio del mosto (g/L) obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

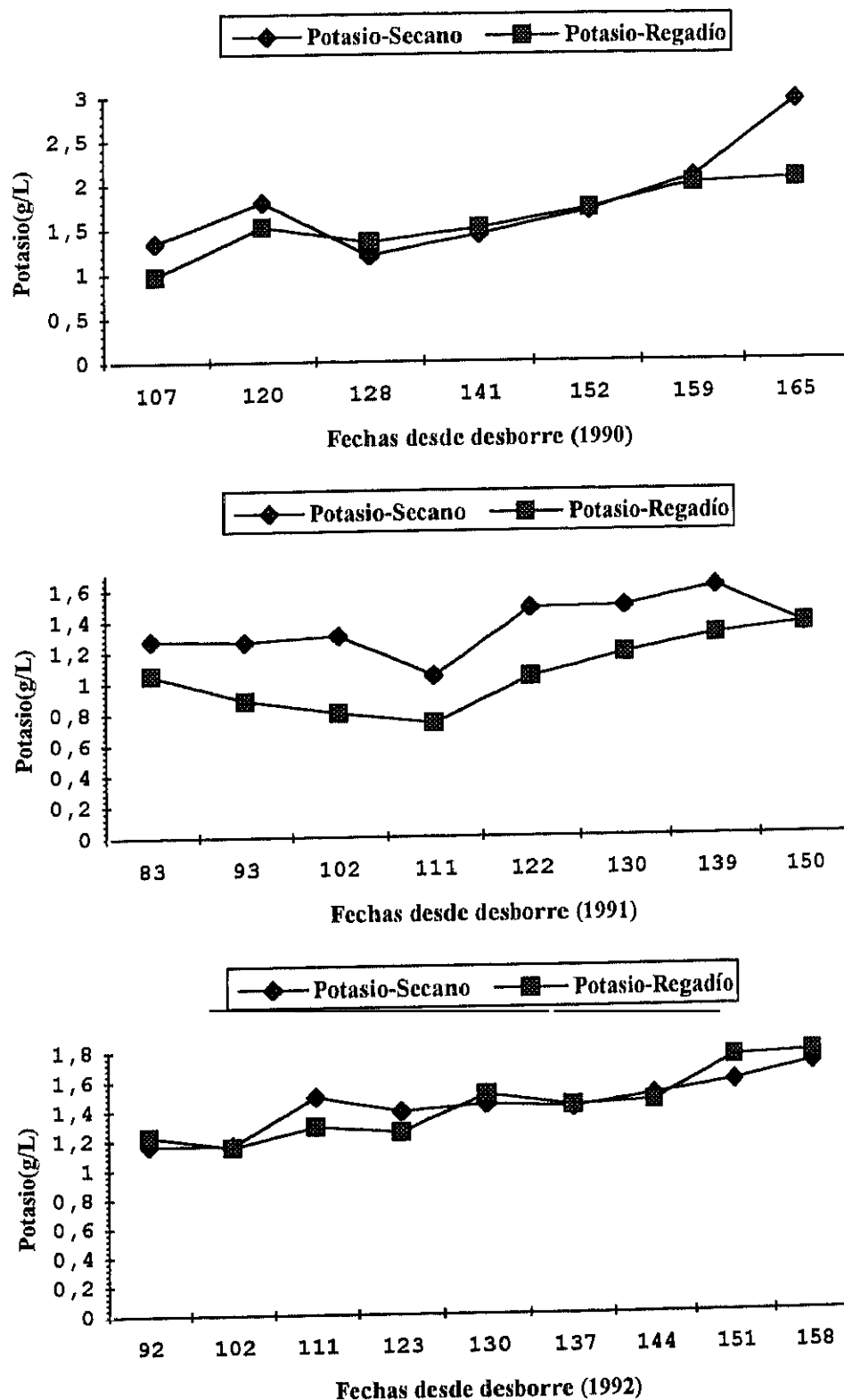
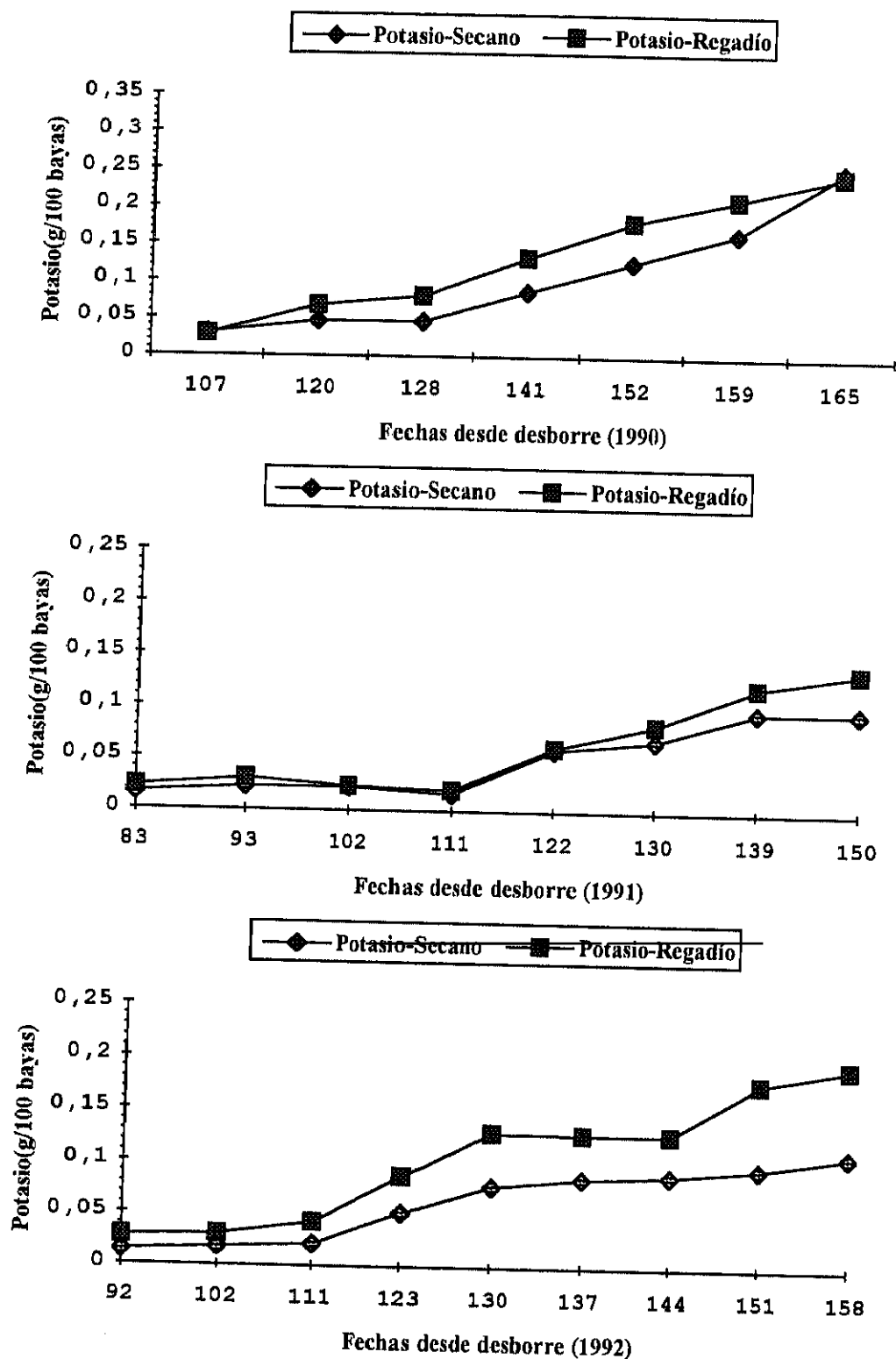


Gráfico 40.- Evolución del potasio (g/100 bayas) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



aparecen diferencias significativas en todas las fechas salvo en dos, en el envero y en la vendimia (Tabla 107).

C) Estudio del potasio en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa, como en los otros años, una estabilización hasta el envero y le sigue un moderado aumento hasta el final de la vendimia que alcanza 1,8 g/L. El test de Duncan muestra semejanzas entre los valores procedentes de las distintas fechas.

En el tratamiento de secano se observa que los valores se mantienen prácticamente hasta el final del proceso de maduración existiendo un ligero aumento, llegando al final a 1,8 g/L. El test de Duncan señala semejanzas entre casi todas las fechas.

Si observamos las concentraciones del potasio (g/L) para ambos tratamientos se comprueba a lo largo de todo el proceso de maduración una alternancia de esos valores, existiendo sólo dos fechas, 111 y 123, con unos niveles de potasio significativamente diferentes (Tabla 107).

En los tres años se observa que, tanto en el tratamiento de secano como en regadío, existe en las bayas un aumento continuado a lo largo de la maduración de la cantidad de potasio (tanto si se expresa en g/L como en g/100 bayas), acentuado sobre todo a partir del envero como ya han explicado varios autores (Hrazdina y col., 1984; Iland, 1984). Las concentraciones en el tratamiento de regadío suelen ser muy próximas o inferiores a las del secano, debido a un efecto de dilución mayor en este tratamiento que favorece la aproximación de los valores entre ambos tratamientos.

Los valores alcanzados por grano de uva para el potasio (g/100 bayas) en el caso del regadío siempre son superiores a los del secano, prácticamente en todas las fechas, ya que la presencia de agua favorece la migración de los elementos minerales por toda la planta. A través del análisis de varianza se comprueba que existen en 1990 diferencias significativas en esos valores en dos fechas de la maduración (128 y 152), en 1991 se considera que en ninguna fecha existan diferencias significativas, mientras que en 1992 las hay en todas las fechas de muestreo.

Las condiciones meteorológicas sobre todo las lluvias son muy importantes ya que favorecen la circulación de estos cationes. El año 1992 ha sido el más lluvioso tanto en la fase herbácea como en la de maduración, seguido del año 1990 y 1991, este hecho puede explicar que las concentraciones de potasio sean muy próximas entre los dos tratamientos en 1990 y 1992,

mientras que en 1991 que fue el año más seco se produjo un distanciamiento mayor de las concentraciones entre ambos tratamientos a lo largo de las distintas fechas de la evolución.

Freeman y Kliewer (1983) encontraron que las cepas regadas tienen una concentración de potasio significativamente más alta que las no regadas, durante el periodo final de la maduración. Sin embargo Stevens y Cole (1986) no encontraron diferencias en las concentraciones de potasio en el mosto procedente de bayas con distinta disponibilidad hídrica, estas discrepancias quizás sean debidas a que la diferencia de agua aplicada en los tratamientos de estos dos autores no fue tan grande como la de la experiencia de Freeman y Kliewer (1983).

El estrés hídrico también puede disminuir la absorción de minerales, debido a la reducción del crecimiento de las raíces y de su actividad, así la absorción de potasio y nitrógeno se puede limitar en los terrenos secos y las relaciones K/Mg y K/Mg+Ca generalmente aumentan con el riego (Possner y col., 1985).

En el análisis de varianza de dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 137), se observa que sólo en 1991 los valores globales (g/L) son significativamente distintos en función del tratamiento elegido, siendo los valores acumulados superiores en el caso del secano, además cuantitativamente los valores a lo largo de las fechas de muestreo son distintas según el tratamiento elegido como se observa en el análisis de varianza. Las concentraciones son distintas por la interacción de los dos factores en los tres años, es decir, se modifica la evolución del potasio en función del tratamiento.

1.4.1.2.- Evolución del calcio—

El modelo seguido es descendente en los tres años y en los dos tipos de tratamientos (Tabla 16, Gráficos 41 y 42).

A) Estudio del calcio en el mosto de uva en 1990—

En el tratamiento de regadío se observa un descenso lento hasta la fecha 128 del proceso de maduración, seguido de una disminución más rápida hasta el momento de la vendimia, terminando en valores de 40,5 mg/L. El test de Duncan indica que las variaciones que se producen entre las tres fechas siguientes al envero son significativas.

Gráfico 41.- Evolución del calcio (mg/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

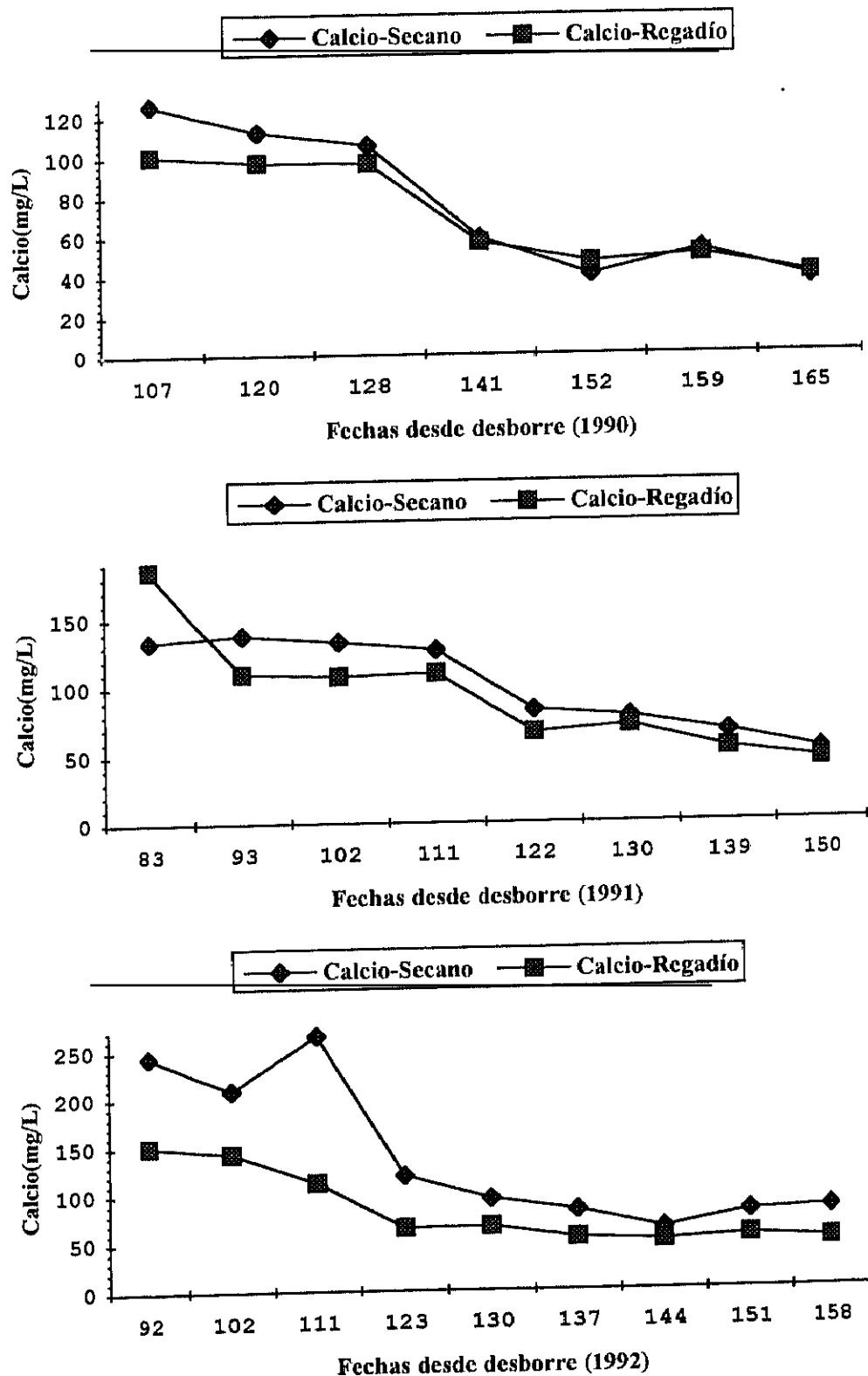
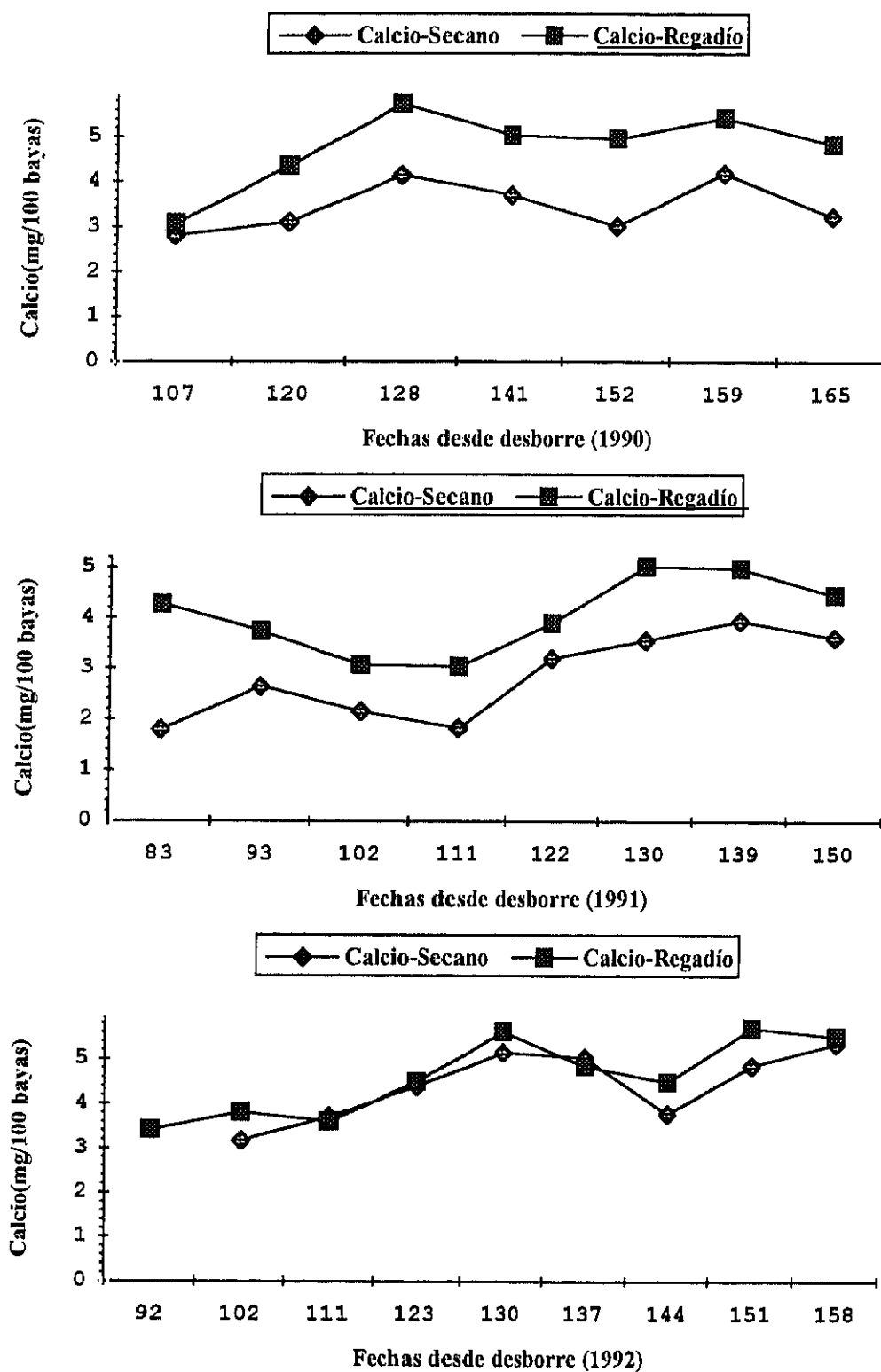


Gráfico 42.- Evolución del calcio (mg/100 bayas) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



En el tratamiento de secano el proceso seguido es el mismo, con valores finales de 38,8 mg/L. El test de Duncan señala diferencias entre las mismas fechas que en el tratamiento anterior.

Comparando los dos tratamientos se observa que las concentraciones de calcio (mg/L) disminuyen en la fase herbácea en los dos tratamientos y luego se estabilizan, además esas concentraciones en el secano, salvo en dos momentos, 152 y 165, son superiores a los del regadío. A través del análisis de varianza se confirma que las concentraciones de calcio (mg/L) sólo son distintas estadísticamente en la primera fecha de muestreo (Tabla 108).

B) Estudio del calcio en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa un descenso inicial, seguido de una estabilización hasta el momento del envero, que es cuando se inicia una disminución de los niveles de calcio durante toda la maduración hasta el final, con valores en vendimia de 45,3 mg/L. El test de Duncan señala variaciones significativas entre las cuatro primeras y cuatro últimas fechas.

El tratamiento de secano se caracteriza por un equilibrio en los niveles de calcio hasta el envero, momento en el que se inicia el descenso y continúa hasta la vendimia, alcanzando valores en este momento de 52,5 mg/L. A partir del test de Duncan se deduce que los niveles de calcio se mantienen constantes a lo largo de las cuatro primeras fechas, mientras que los descensos que se producen en las siguientes fechas resultan significativos.

Debido al efecto de dilución se comprueba que las concentraciones de calcio (mg/L) en el secano son superiores a las del regadío, si bien a partir del envero el descenso es igualmente pronunciado en ambos casos, y sólo existen tres fechas con diferencias significativas, 93, 122, y 139 (Tabla 108).

C) Estudio del calcio en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se ve una disminución del contenido en calcio desde el inicio de la fase herbácea hasta la primera fecha después del envero, luego en el proceso de la maduración existe una estabilización hasta el momento final que se alcanzan valores de 50,9 mg/L. El test de Duncan corrobora este proceso señalando diferencias sólo entre las cuatro primeras fechas.

En el tratamiento de secano se observa un momento de aumento antes del envero, pero a continuación se produce el descenso hasta las últimas fechas del proceso de maduración,

quedando estabilizado al final en 83,4 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias entre las cuatro fechas que siguen al envero.

Comparando los dos tratamientos se aprecia que las concentraciones de calcio (mg/L) en el secano durante todo el proceso de maduración son superiores a las del regadío, por el efecto de dilución mayor que se produce en este último tratamiento, y se confirma que sólo existe la fecha 144 de la maduración, en la que no existen diferencias significativas (Tabla 108).

En los tres años se observa tanto en el secano como en el regadío un modelo muy similar de evolución (mg/L), que se caracteriza por una disminución más acusada en el momento del envero con un mantenimiento de los valores a lo largo de la maduración, tal y como refieren otros autores (Harris y col., 1968; Possner y Kliever, 1985). Las concentraciones alcanzadas en el secano son superiores, debido al efecto de dilución mayor en el tratamiento de regadío como ocurría para el caso del potasio.

Possner y Kliever (1985) consideran que el aumento de la cantidad de calcio va a cesar coincidiendo con la parada de la división celular; esto indica la participación del calcio en la construcción de la pared celular y en la división celular.

En el estudio de la evolución de las cantidades de calcio por grano de uva (mg/100 bayas) se observa una tendencia en los dos tratamientos de un mantenimiento de los valores prácticamente hasta el final de la maduración, con ligeras oscilaciones entre las fechas intermedias, si bien cuantitativamente las cantidades en el regadío siempre son superiores en los tres años, siendo en 1992 cuando esos valores están más próximos entre sí. En el análisis de varianza se comprueba que en 1990 existen diferencias entre tratamientos en todas las fechas excepto en: 107, 141, 159, en 1991 existen diferencias en cuatro fechas, y en 1992 no existen diferencias significativas en ninguna fecha entre ambos tratamientos.

En el análisis de varianza de dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 133), se observa que sólo en 1990 los valores globales no son significativamente distintos en función del tratamiento elegido, mientras que en los años 1991 y 1992 sí existen diferencias, siendo en los dos años los valores acumulados superiores en el caso del secano con un nivel de significación del 0,05. Cuantitativamente los valores a lo largo de las fechas de muestreo son distintas según el año, y además los valores son distintos por la interacción de los dos factores en los tres años, es decir, se modifica la evolución del calcio en función del tratamiento.

1.4.1.3.- Evolución del magnesio.

El magnesio, en los dos tratamientos, durante los tres años tiene una tendencia ligeramente descendente, aunque prácticamente está estabilizada (Tabla 17, Gráficos 43 y 44).

A) Estudio del magnesio en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa un descenso inicial que dura desde la fase herbácea hasta el inicio de la maduración, y posteriormente un aumento seguido de un periodo de estabilización que se mantiene hasta el momento de la vendimia llegando a valores finales de 86,6 mg/L. Esta evolución se confirma a través del test de Duncan que muestra diferencias entre las tres primeras fechas y las cuatro finales.

En el tratamiento de secano se produce un descenso inicial en los niveles de magnesio y a continuación se mantienen prácticamente constantes hasta el momento final, alcanzando cifras de 82,0 mg/L. Este comportamiento se confirma con el test de Duncan que muestra diferencias entre la primera con las cuatro fechas siguientes y entre las dos últimas.

Las concentraciones de este catión (mg/L) en el regadío son inferiores en las tres primeras fechas, superando sin embargo al secano en el resto de las fechas de maduración. Al estudiar las diferencias en los valores de magnesio procedentes de ambos tratamientos se observa que en 1990 sólo existen dos fechas, 107 y 152, en donde los niveles alcanzados son significativamente diferentes (Tabla 109).

B) Estudio del magnesio en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa un descenso inicial y una práctica estabilización de los valores durante todo el proceso de maduración hasta el momento de la vendimia, llegando a valores de 71,3 mg/L en ese momento. El test de Duncan revela diferencias sólo entre las primeras fechas y las dos últimas.

En el tratamiento de secano se observa un descenso que va desde la fase herbácea hasta el final del proceso de maduración, produciéndose en las últimas fechas una estabilización de los valores llegando a 77,0 mg/L. Estas variaciones sólo son significativas entre las tres primeras fechas (test de Duncan).

Gráfico 43.- Evolución del magnesio del mosto (mg/L) obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

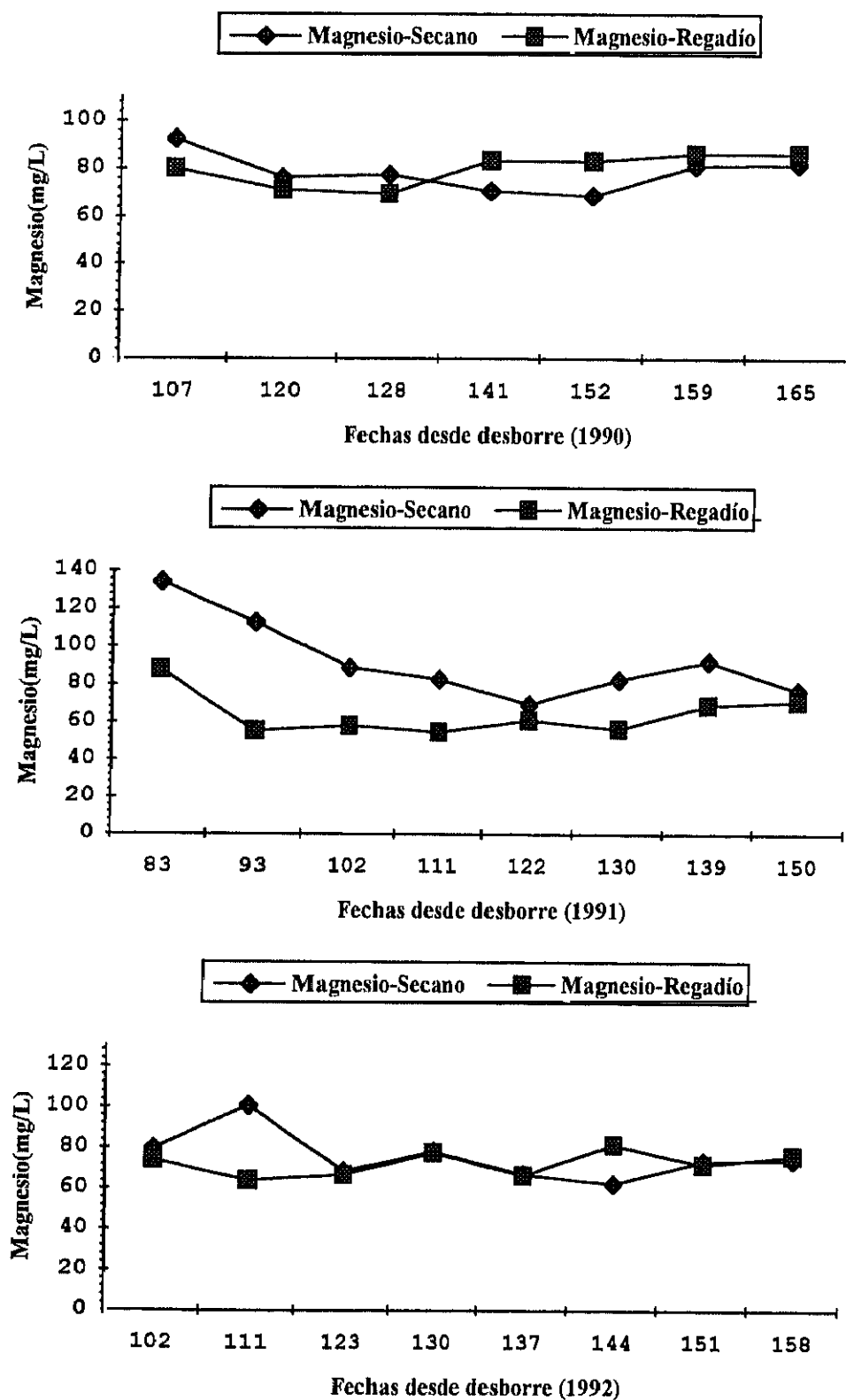
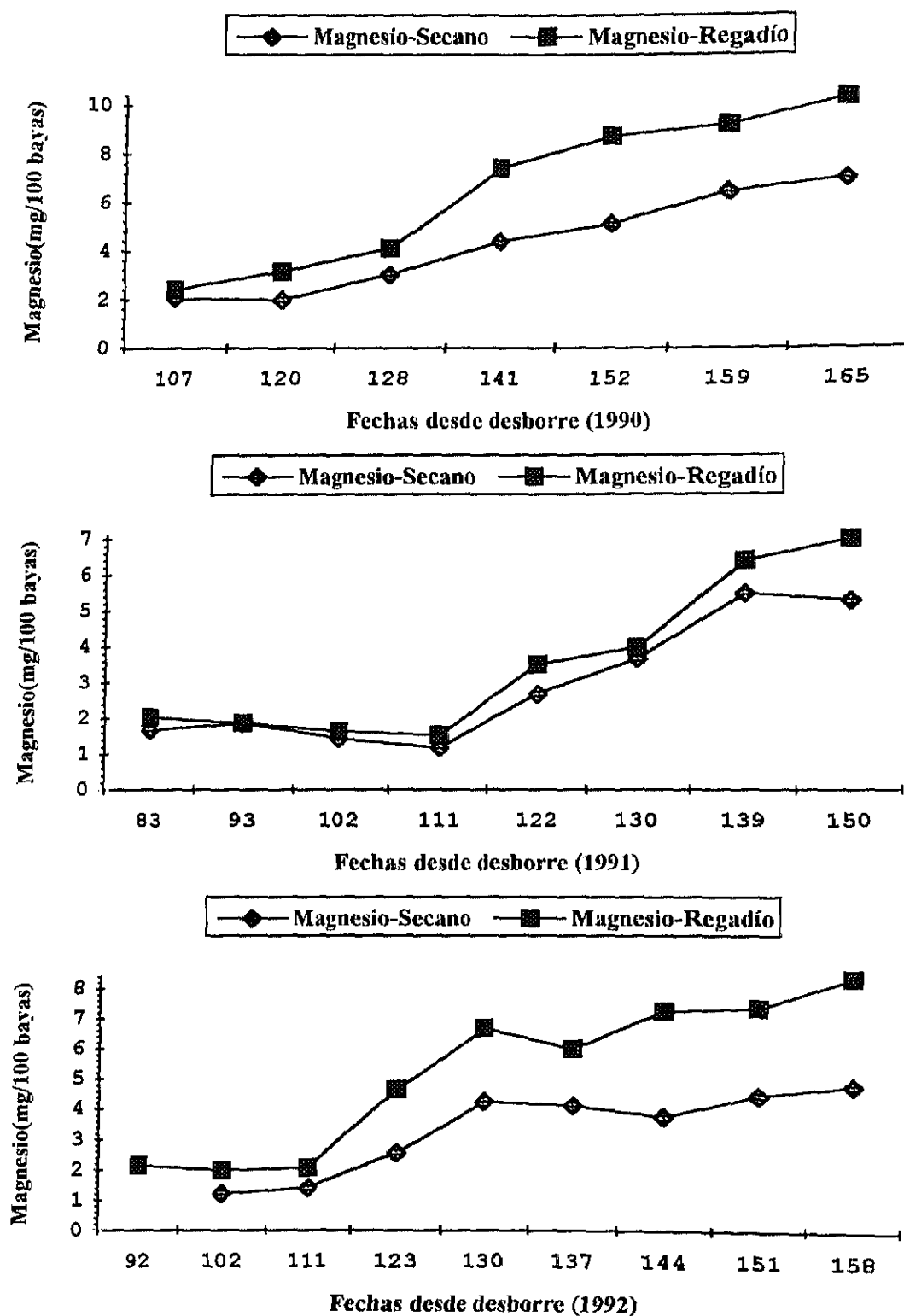


Gráfico 44.- Evolución del magnesio (mg/100 bayas) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



Las concentraciones en el secano están por encima de las del regadío en todo momento del proceso, disminuyendo al principio por el efecto de la dilución y estabilizándose finalmente, en 1991 sólo existen dos fechas, 122 y 150, sin diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 109).

C) Estudio del magnesio en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa un descenso inicial hasta el momento del envero y una estabilización posterior de los valores hasta la vendimia, alcanzando en este momento valores de 76,5 mg/L. El test de Duncan muestra semejanzas en todas las fechas.

En el tratamiento de secano existe un aumento en la primera fecha y una estabilización posterior de los valores a lo largo de toda la evolución, llegando al final a niveles de 74,5 mg/L. El test de Duncan corrobora la constancia de los valores y la semejanza entre ellos.

En el caso de las concentraciones del magnesio (mg/L) se produce una alternancia de valores entre los dos tratamientos, manteniéndose los valores prácticamente constantes a lo largo de la maduración, manifestándose diferencias significativas sólo en una fecha, que es en el envero (Tabla 109).

En los tres años se observa en los dos tratamientos que el magnesio (mg/L) sufre ligeras disminuciones al principio de la fase herbácea pero sigue todo un proceso de estabilización de valores hasta el momento de la vendimia, siendo los valores en los dos tratamientos muy parecidos o ligeramente superiores en el secano debido a la concentración de este elemento por ser menor el peso de la baya. Según Donéche y col. (1992) el magnesio permanece relativamente constante a lo largo de la maduración.

En el caso de observar lo que ha ocurrido por grano de uva (mg/100 bayas) en los dos tratamientos, el magnesio ha aumentado desde la primera fecha de muestreo hasta la fecha de la vendimia, principalmente a partir del envero, siendo en todos los años y durante todas las fechas de muestreo los valores en el regadío superiores a los de secano. El análisis de varianza señala que en 1992 existen diferencias entre los dos tratamientos en todas las fechas, al igual que ocurre en 1990 excepto en dos fechas (107, 141), mientras que en 1991 únicamente existen diferencias en la fecha de la vendimia. Las cantidades en los dos tratamientos están muy próximos, por lo que el aumento durante la fase de maduración en el regadío no ha sido suficiente como para compensar el mayor efecto de dilución de este tratamiento, y se favorece que las concentraciones

(mg/L) en los dos tratamientos tengan valores cercanos a pesar de existir mayor cantidad en las bayas del tratamiento de regadío.

En el análisis de varianza de dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 133), se observa que sólo en 1991 los valores globales son distintos significativamente en función del tratamiento elegido, siendo los valores acumulados superiores en el caso del secano, mientras que en los años 1990 y 1992 no existen diferencias, cuantitativamente los valores en cada momento según el momento de la evolución son diferentes, como ocurría en el caso del potasio y del calcio. Existe interacción de los dos factores en los tres años, es decir, se modifica la evolución del magnesio en función del tratamiento escogido.

1.4.1.4.- Evolución del sodio.

El sodio, en los dos tratamientos, durante los tres años tiene una evolución de forma alternante en sus valores (Tabla 18, Gráficos 45 y 46).

A) Estudio del sodio en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa un descenso brusco en las primeras fechas y durante el resto del proceso de maduración los niveles van aumentando y disminuyendo para estabilizarse al final en valores de 4,5 mg/L. El test de Duncan deduce que estas variaciones son significativas entre las tres primeras fechas y con las cuatro últimas que son semejantes entre sí, excepto la fecha 152 de la maduración que es diferente al resto.

En el tratamiento de secano el proceso seguido es paralelo, con valores finales en vendimia de 3,5 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias de forma alternada entre las fechas de muestreo.

Comparando las concentraciones alcanzadas de sodio (mg/L) en 1990 por ambos tratamientos se observa que se van alternando en todo el proceso, y que a lo largo de la evolución las diferencias entre valores sólo son significativas en las dos últimas fechas (Tabla 110).

B) Estudio del sodio en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa un aumento seguido de un descenso rápido y a continuación durante todo el proceso de maduración se produce un mantenimiento de los valores,

Gráfico 45.- Evolución del sodio del mosto (mg/L) obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

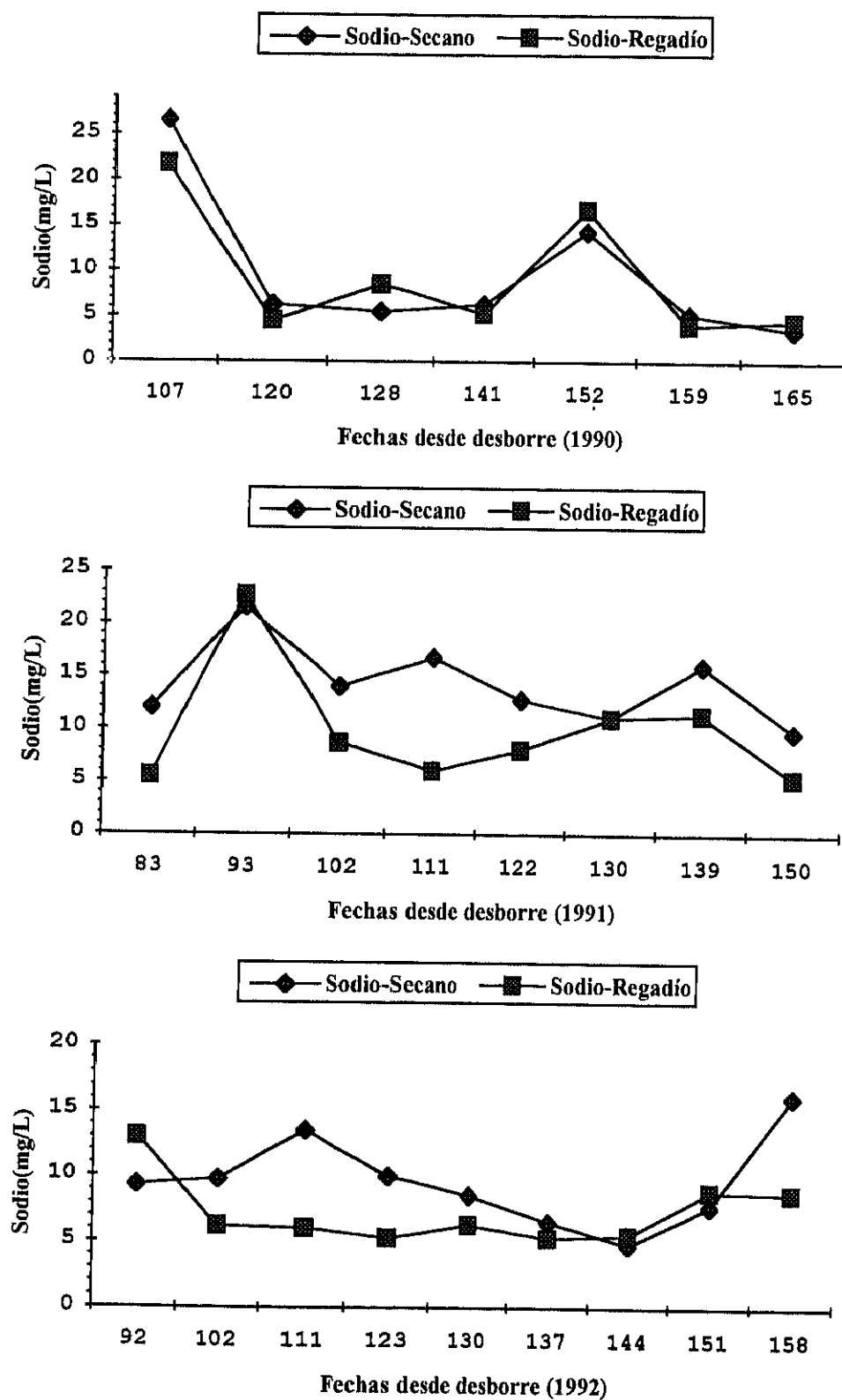
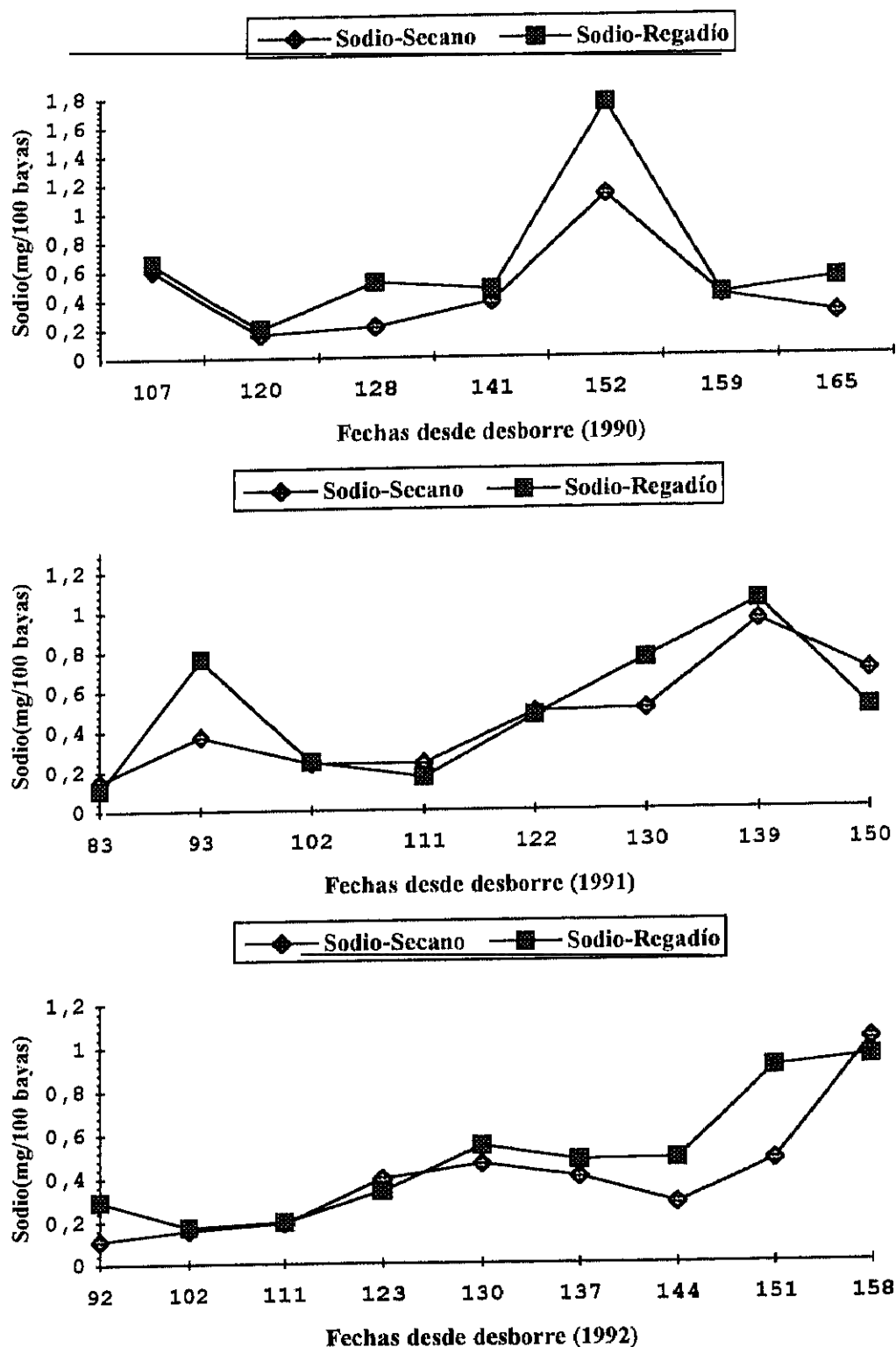


Gráfico 46.- Evolución del sodio (mg/100 bayas) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



llegando en vendimia a 5,3 mg/L. En el test de Duncan se confirma la evolución ya que prácticamente no existen diferencias entre las distintas fechas.

En el tratamiento de secano el proceso seguido es el mismo, pero con valores finales mayores de 9,8 mg/L. El test de Duncan indica, como en el caso anterior que las oscilaciones entre las fechas de muestreo sólo son significativas en algunas ocasiones.

Las concentraciones de sodio (mg/L) en el secano son mayores a las del regadío en casi todas las fechas, y existen sólo dos fechas, 111 y 139, con diferencias significativas (Tabla 110).

C) Estudio del sodio en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa un descenso inicial de los valores hasta el envero, a partir de aquí se mantienen prácticamente constantes hasta el final de la maduración que se alcanzan cifras de 8,7 mg/L. El test de Duncan muestra igualdad entre fechas salvo entre la primera y el resto.

En el tratamiento de secano el proceso es el mismo, excepto en el último momento en que se produce un aumento, llegando en vendimia a valores de 16,1 mg/L. El test de Duncan muestra similitud entre las distintas fechas.

Las concentraciones (mg/L) en el secano son mayores que en el regadío excepto en tres fechas (92, 144, 151), y ocurre lo mismo que en el 1991, existen diferencias en dos fechas: envero y vendimia (Tabla 110).

En los tres años se observa que en los dos tipos de tratamientos el sodio (mg/L) sufre ligeras disminuciones en las primeras semanas de muestreo pero durante todo el proceso de desarrollo y maduración existen fluctuaciones de valores sin una tendencia muy marcada, debido quizás a los movimientos del sodio por toda la planta que se producen de una manera dirigida por procesos osmóticos. Los valores del sodio entre los dos tratamientos se van alternando sin tener ninguno de ellos una tendencia superior.

Las concentraciones calculadas se pueden explicar por el mismo comportamiento observado en la evolución del sodio por grano de uva (mg/100 bayas) en los dos tratamientos. El sodio no tiene una tendencia clara a lo largo del proceso, aunque puede existir en algunos años un ligero aumento respecto a las cantidades iniciales, siendo ligeramente mayores los valores en el regadío. Por el análisis de varianza se comprueba que en 1990 sólo existen diferencias en dos

fechas del proceso de maduración (141 y 165), en 1991 no existen diferencias en ninguna fecha y en 1992 sólo aparecen en tres fechas (92, 144, 151).

En el análisis de varianza de dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 133), se observa que sólo en 1990 los valores globales no son distintos significativamente en función del tratamiento elegido, mientras que en los años 1991 y 1992 sí existen diferencias siendo los valores acumulados superiores en el caso del secano, cuantitativamente los valores en cada momento de la evolución son diferentes. Sólo en 1992 existen diferencias significativas por la interacción de los dos factores.

1.4.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.

1.4.2.1.- Evolución del potasio.

El potasio, en los dos tratamientos, durante los tres años tiene una tendencia ligeramente ascendente (Tabla 61, Gráficos 47 y 48).

A) Estudio del potasio en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa un aumento inicial y a partir de aquí y durante todo el proceso de maduración, un incremento suave hasta vendimia con valores finales de 2,5 g/L. El test de Duncan aprecia únicamente variaciones significativas entre todas la penúltima y última fecha del muestreo.

En el tratamiento en espaldera el modelo seguido es el mismo, con valores finales de 2,1 g/L. El test de Duncan indica igualdad de medias entre las fechas intermedias de la maduración, mostrando diferencias entre la primera y última fecha.

Si comparamos las concentraciones entre ambos tratamientos se observa que los valores son muy parecidos a lo largo de ese proceso de evolución, observando por el análisis de varianza que no existen diferencias entre tratamientos en ninguna fecha excepto en la primera (Tabla 107).

B) Estudio del potasio en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso existe una disminución durante toda la fase herbácea y es a partir del envero y durante el resto de la maduración hasta vendimia, que se produce un aumento

Gráfico 47.- Evolución del potasio del mosto (g/L) obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

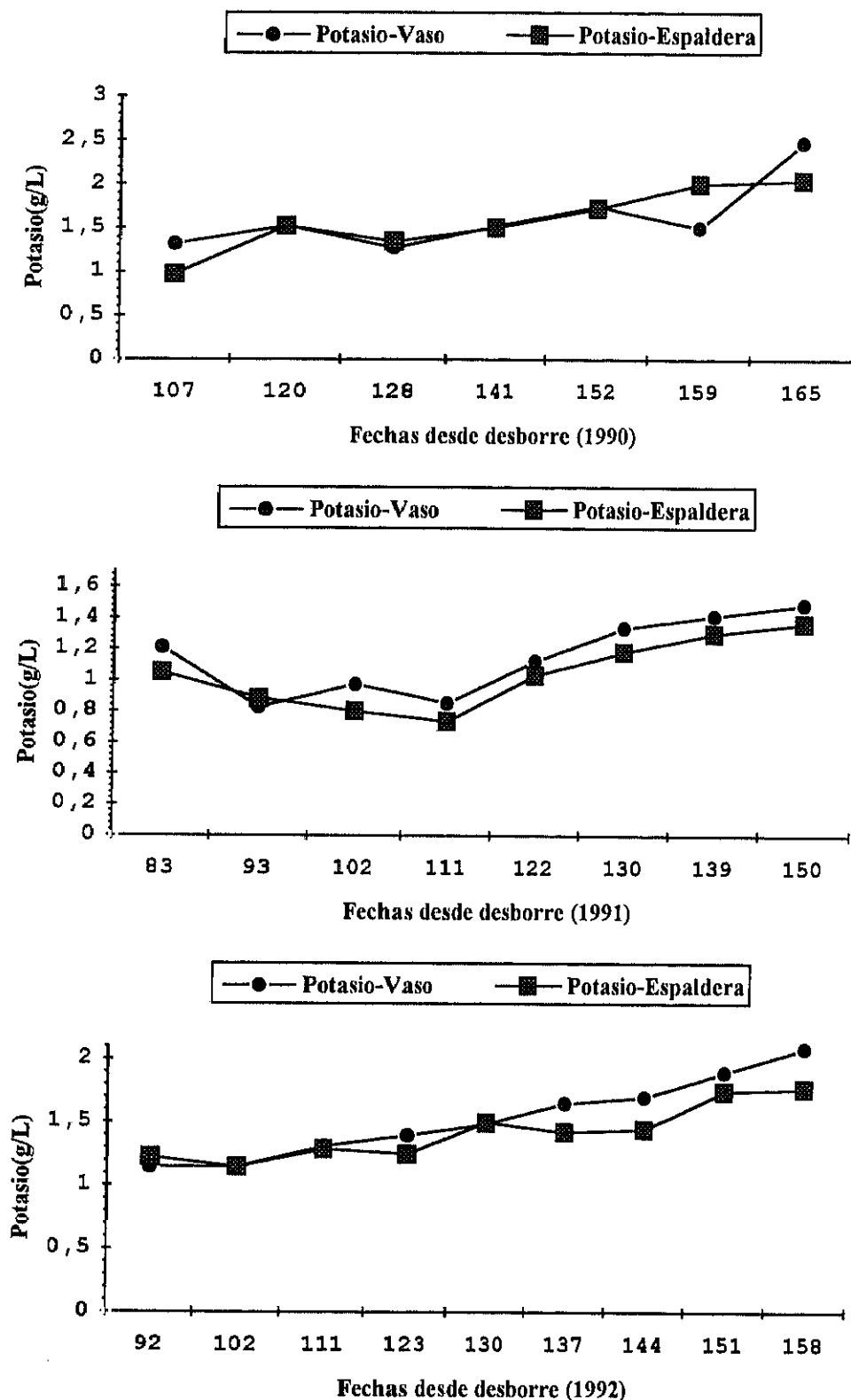
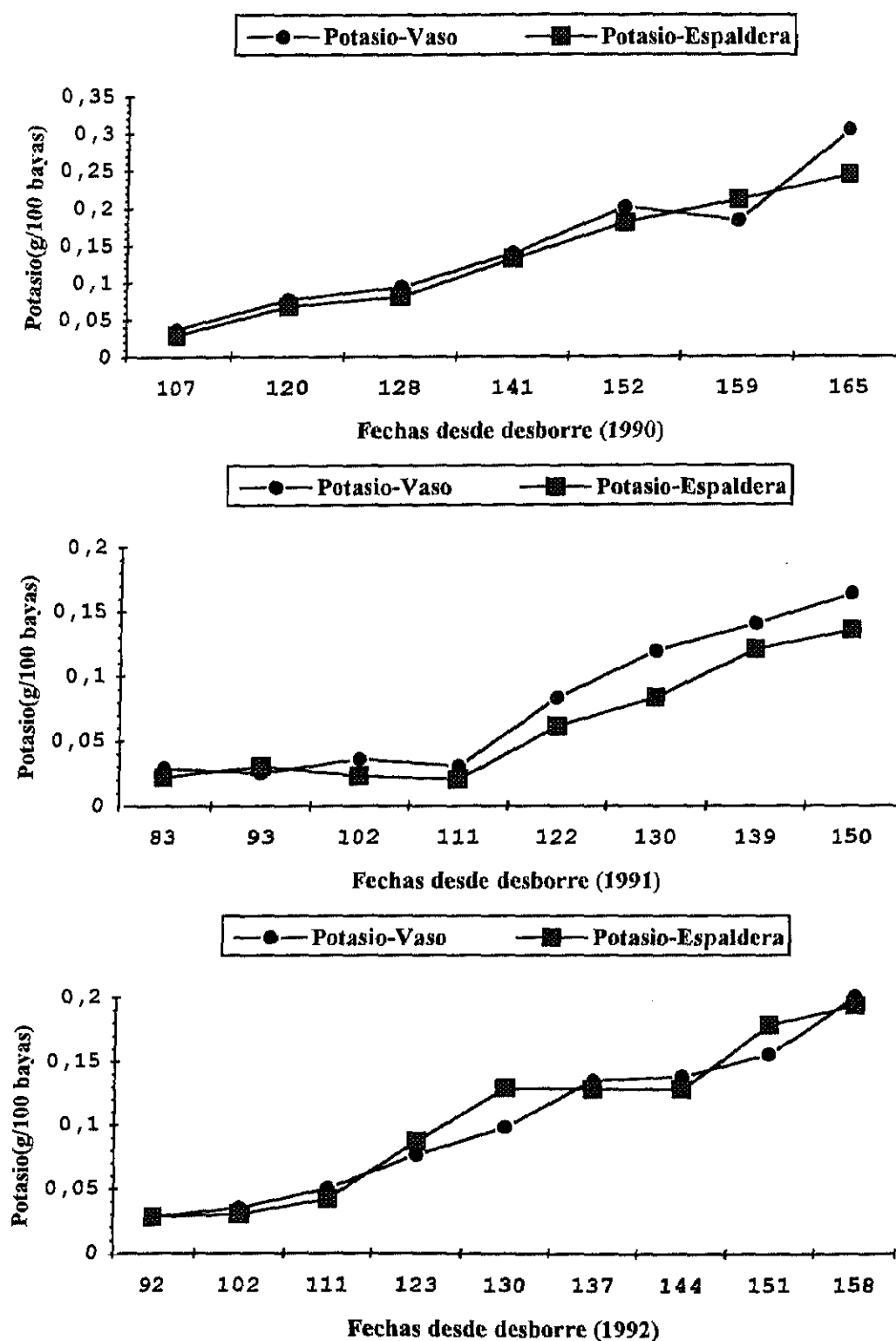


Gráfico 48.- Evolución del potasio (g/100 bayas) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



llegando a valores finales de 1,5 g/L. El test de Duncan muestra igualdad entre las fechas que preceden al envero y diferencias entre las dos siguientes.

En el tratamiento en espaldera la evolución es muy parecida, hasta alcanzar valores al final de la maduración de 1,4 g/L. El test de Duncan muestra las mismas diferencias que en el caso anterior.

En el caso de las concentraciones de potasio se observa que a lo largo de todo el proceso son superiores en el tratamiento en vaso que en el de espaldera, excepto en la fecha 93. El análisis de varianza entre tratamientos verifica que no existen diferencias en ninguna fecha (Tabla 107).

C) Estudio del potasio en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa desde el primer muestreo hasta la vendimia un aumento suave y progresivo con sucesivas estabilizaciones, hasta llegar a valores finales en vendimia de 2,1 g/L. El test de Duncan muestra diferencias entre las fechas hasta el envero y ocurre lo mismo a partir de esta fecha hasta maduración, mostrando igualdad de medias entre las tres primeras que siguen al envero y las dos siguientes.

En el tratamiento en espaldera se sigue el mismo comportamiento aunque se alcanzan valores finales menores de 1,8 g/L. El test de Duncan señala las mismas diferencias que en el caso anterior.

Comparando ambos tratamientos en su evolución se ve cómo las concentraciones en el vaso superan a las de espaldera en los últimos momentos del proceso de maduración, encontrándose en este periodo el mayor número de diferencias significativas entre tratamientos excepto en la 130 y la 151 (Tabla 107).

Al estudiar la evolución de la concentración de potasio (g/L) se observa un aumento continuado en toda la maduración, siendo el vaso el que proporciona en la mayoría de los puntos de muestreo valores ligeramente superiores. Este hecho supone que el sistema de conducción en vaso favorece un aporte de potasio a las bayas más elevado, que incluso no se ve perjudicado por el mayor peso de las bayas del vaso respecto a la espaldera. La aportación al grano ocurre de un modo irregular como sucede con todos los procesos de migración, así el aumento de las materias minerales al inicio del proceso de maduración es rápido, siendo proporcionalmente mayor que el crecimiento de la baya, y disminuye a medida que se acerca el momento de la madurez.

Al expresar la evolución de la cantidad de potasio por baya (g/100 bayas) se confirma que el potasio aumenta durante toda la maduración fundamentalmente a partir del envero, independientemente del efecto de dilución que podría derivarse del aumento de tamaño de las bayas. En este caso los valores en 1990 y 1991 en el vaso son ligeramente superiores a los de espaldera, mientras que en 1992 los valores son muy similares. A través del análisis de varianza entre tratamientos se deduce que prácticamente no existen diferencias en ninguna fecha en 1990, mientras que en 1991 y 1992 existen diferencias en tres fechas cada año: 102, 111, 130 y 102, 130, 151 respectivamente. Rojas-Lara y Morrison (1989) confirman el aumento de potasio por baya durante todo el proceso de maduración tanto en los mostos procedentes de tratamientos con sombreado del canopy como aquellos que proceden de racimos totalmente soleados, si bien la concentración en cada uno depende del tamaño de la baya.

Se ha comprobado que a lo largo de la estación de crecimiento de la vid, las concentraciones del potasio en las hojas y en los tallos van disminuyendo para dirigirse a otros órganos de la planta como son los racimos (Williams y col., 1987). Así los órganos jóvenes de la cepa tienen en un principio mayores cantidades de potasio que los adultos, si bien al aproximarnos al envero se inicia una disminución en el desarrollo vegetativo, que favorece que los distintos cationes se dirijan a los órganos en crecimiento que en este momento son las bayas.

Debido a las precipitaciones o la elevada humedad, y siempre que la planta no haya alcanzado un grado de envejecimiento que impida los fenómenos de migración, se produce un aumento en el tamaño de la baya y por tanto un efecto de dilución; estos fenómenos de migración no tienen que ver con los procesos fisiológicos propios de la planta pero modifica la composición del mosto. En nuestro caso el año 1992 es el que presenta mayor cantidad de precipitaciones coincidiendo con el tiene más próximas las concentraciones de potasio entre ambos tratamientos, mientras que en 1991 es cuando se registran inferiores cantidades y las concentraciones entre ambos tratamientos están más separadas, siendo mayor en el vaso, quizás debido a que en este tratamiento quede más retenida la humedad en el terreno que en la espaldera, ya que la vegetación en un plano vertical favorece que sobre el suelo incida más cantidad de radiación y por tanto una mayor evaporación.

En el análisis factorial, de tratamiento y fecha (Tabla 133), se observa tanto en 1991 y 1992 que existen diferencias significativas entre tratamientos en las concentraciones alcanzadas, siendo superiores los valores en vaso frente a la espaldera ($p \leq 0,01$); además los valores son distintos según la fecha que se trate. Sólo en 1992 los valores son diferentes en función de la

interacción de los dos factores, por lo que en el resto de los años la evolución seguida ha sido independiente del tipo de tratamiento elegido.

1.4.2.2.- Evolución del calcio.

El calcio, en los dos tratamientos, durante los tres años tiene una tendencia ligeramente descendente (Tabla 62, Gráficos 49 y 50).

A) Estudio del calcio en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso existe una ligera disminución con una estabilización hasta la fecha 128, a partir de este momento y durante todo el proceso de maduración se produce un descenso de los valores hasta el momento de la vendimia al que se llega con 36,0 mg/L. El test de Duncan indica igualdad en las tres últimas fechas y diferencias con las fechas anteriores.

En el tratamiento en espaldera el proceso sigue el mismo comportamiento que en el caso del vaso, solo que en la fecha 128 se produce un descenso muy marcado, que provoca un acercamiento de los valores entre los dos tratamientos, llegando en vendimia a 40,5mg/L. El test de Duncan indica semejanzas entre las tres primeras fechas y diferencias con las tres siguientes y la de la vendimia.

Comparando ambos tratamientos se observa que concentraciones en la espaldera son superiores en todas las fechas de maduración. El análisis de varianza determina que las concentraciones de calcio encontradas entre ambos tratamientos son diferentes durante la fase herbácea y el envero y no existen a partir de la fecha 128 en ninguna fecha excepto en la 152 (Tabla 108).

B) Estudio del calcio en el mosto de uva en 1991.

El tratamiento en vaso se caracteriza por una disminución continuada, si bien se aprecian dos fases de mantenimiento de las concentraciones en su evolución, la primera estabilización se produce durante la fase herbácea hasta el envero, y la segunda a partir de la fecha 122, alcanzando finalmente en vendimia valores de 37,5 mg/L. El test de Duncan confirma la evolución, de modo que se aprecia igualdad de medias entre todas las fechas que siguen al envero y también entre las tres fechas de la fase herbácea después de la primera fecha de muestreo y por tanto diferencias entre esas fases.

Gráfico 49.- Evolución del calcio del mosto (mg/L) obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

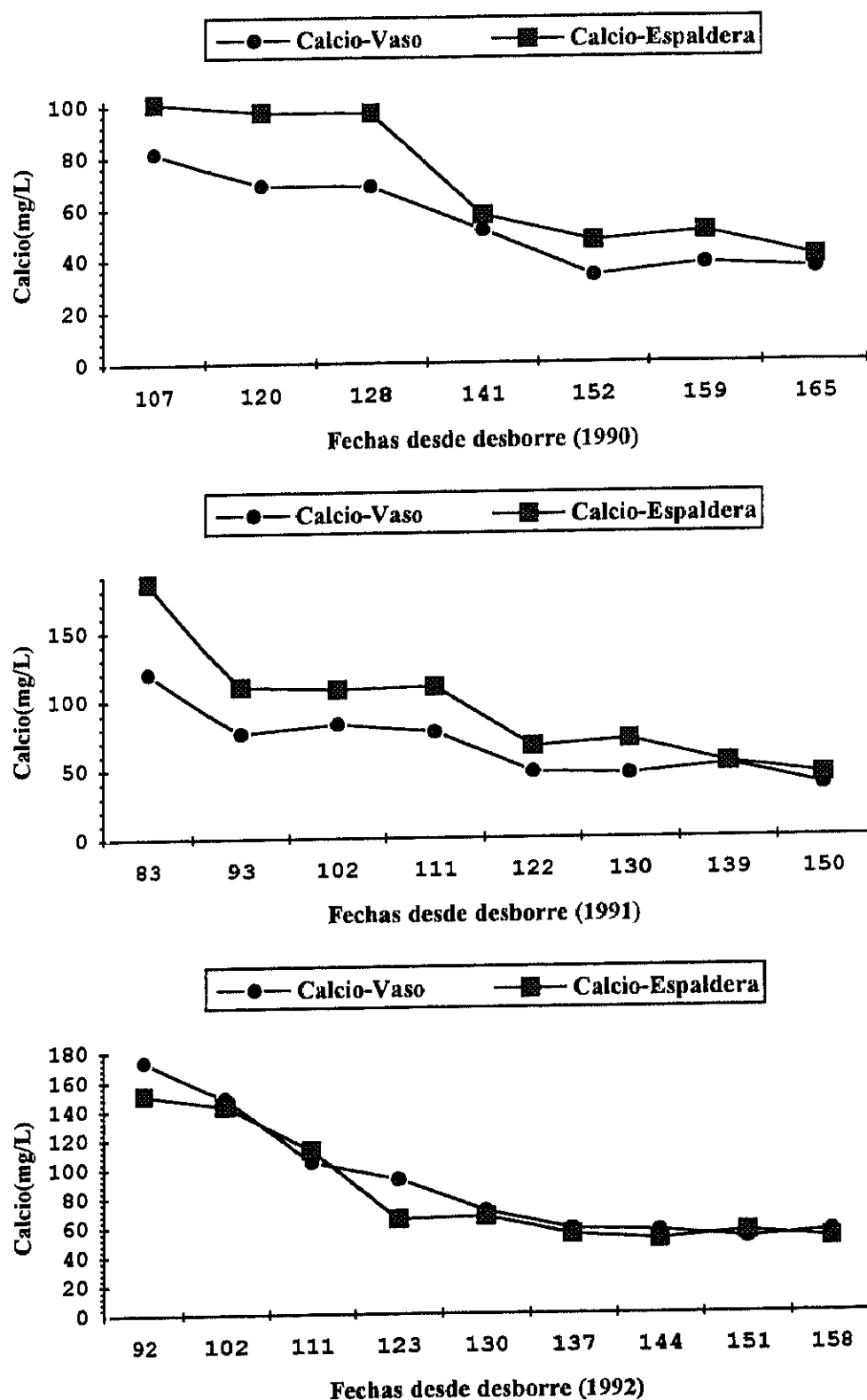
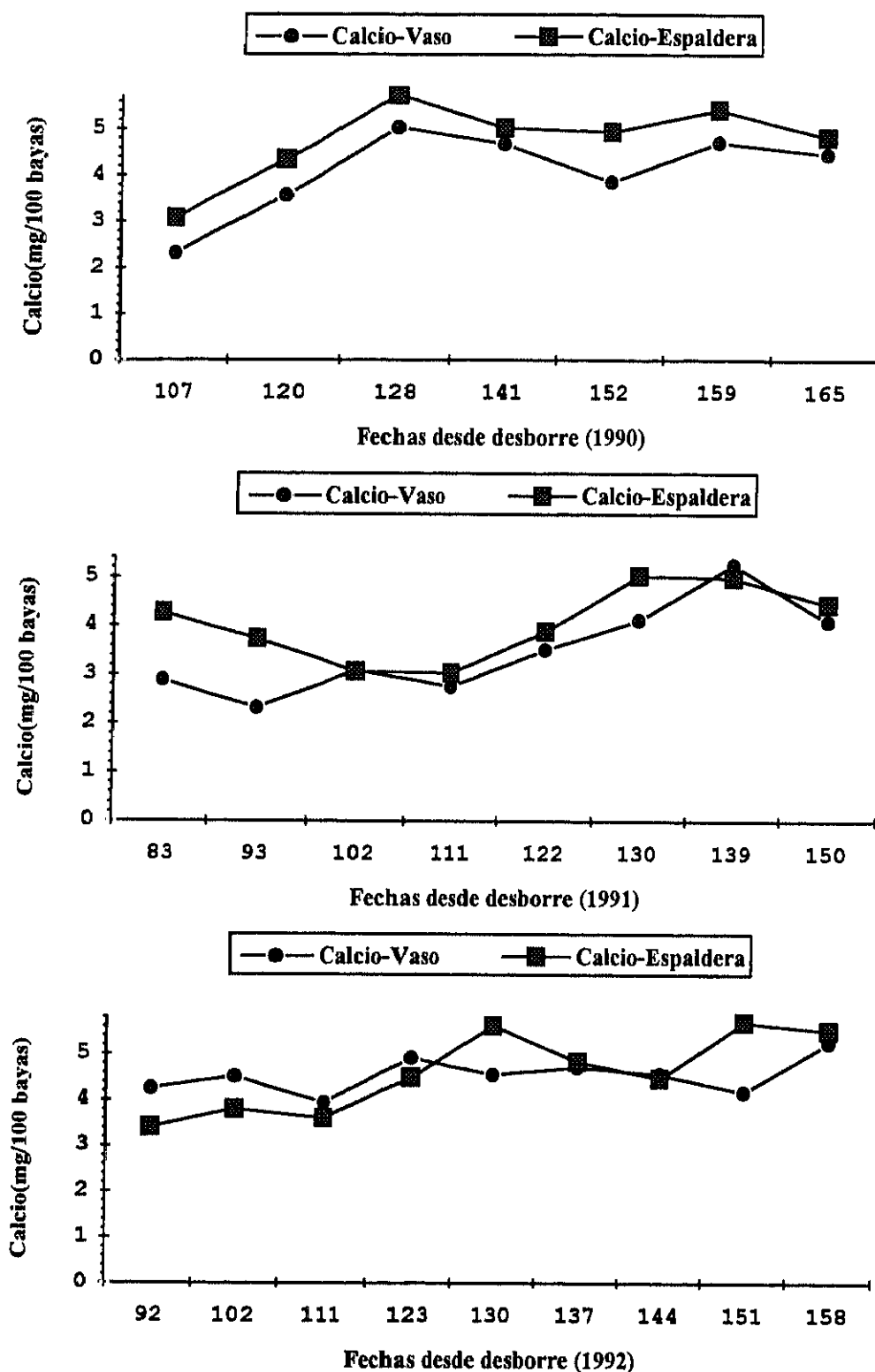


Gráfico 50.- Evolución del calcio (mg/100 bayas) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



En el tratamiento en espaldera el proceso es el mismo, llegando en vendimia a valores de 45,3 mg/L. El test de Duncan indica las mismas diferencias hasta el envero y desde aquí hasta el final existen diferencias entre las dos primeras fechas con las dos últimas.

Entre ambos tratamientos se comprueba que las concentraciones en la espaldera son mayores a las del vaso, como en el año anterior. En el estudio de las diferencias entre tratamientos se observa que a partir del envero existen diferencias en las fechas intermedias de la maduración y no en las dos últimas mientras que en la fase herbácea existen en todas las fechas excepto en la 102 (Tabla 108).

C) Estudio del calcio en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa una disminución progresiva de los valores en toda la fase herbácea hasta el envero, momento a partir del cual se produce un descenso, con una pendiente menor que en la fase anterior y con una ligera estabilización hasta el final de la maduración, llegando en vendimia a 55,7 mg/L. El test de Duncan señala diferencias hasta el envero y a partir de aquí sólo aparecen diferencias entre la primera fecha con el resto de las fechas de la maduración ya que entre ellas existe igualdad de medias.

En el tratamiento en espaldera el modelo seguido es el mismo que en el tratamiento anterior, con valores finales de 50,9 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias hasta el momento en que se inicia el envero mientras que existe igualdad de medias entre todas las fechas de la maduración.

Las concentraciones de ambos tratamientos que se han estudiado son muy parecidas si bien el vaso tiene un mayor número de fechas en que los valores son superiores a la espaldera. Al comparar ambos tratamientos se observa que las concentraciones no son diferentes en ninguna fecha excepto en la fecha 123 (Tabla 108). superiores en los dos primeros años mientras que en 1992 los valores están muy próximos y se van alternando

La tendencia general en la evolución del calcio (mg/L) se caracteriza por una disminución acentuada a partir del envero, momento en el que se produce una estabilización de los valores. El calcio forma parte de las paredes celulares y al aumentar el número de células se favorece que hasta el envero los valores se mantengan constantes, pero a partir de esa fecha se origina la disminución de valores ya que sólo existe un aumento en el volumen de las células.

Sin embargo al estudiar la acumulación del calcio por baya (mg/100 bayas) se observa que en todos los años y en los dos tipos de tratamientos la tendencia es de un ligero aumento inicial estabilizándose durante prácticamente todo el proceso, siendo los valores en el vaso inferiores a los de la espaldera en los dos primeros años, si bien en 1992 sólo son superiores durante la fase herbácea. En el estudio de las diferencias entre tratamientos de esos valores se observa que en ningún año aparecen variaciones en ninguna fecha excepto en la 152 de 1990 y en la 93 de 1991. Por tanto los descensos de las concentraciones de calcio son debidas a procesos de dilución por el aumento de tamaño de la baya durante su crecimiento, así al ser superiores los tamaños de las bayas en el vaso es donde las concentraciones son inferiores.

Se observa que a medida que pasan los años las concentraciones de calcio entre ambos tratamientos se van aproximando, por tanto ha disminuido el efecto de las posibles diferencias entre los dos sistemas de conducción. Además del calcio que forma parte de las paredes celulares es importante la presencia de carbonato cálcico en el suelo que podría ascender por migración a las bayas durante las lluvias o por proceso de regadío.

En el análisis factorial, tratamiento y fecha (Tabla 133), en los tres años de estudio se comprueba que en 1990 y 1991 existen diferencias en las concentraciones acumuladas del calcio a lo largo de la evolución, siendo los valores en la espaldera superiores con un nivel de significación del 0,05 y 0,01 respectivamente, existen también diferencias en los valores alcanzados en las fechas del proceso de evolución. También se muestra que únicamente en 1992 los valores no son diferentes por la acción conjunta de los dos factores, siendo los valores independientes del tratamiento elegido, mientras que sí afectan en los otros dos años.

1.4.2.3.- Evolución del magnesio.

El magnesio, en los dos tratamientos, durante los tres años tiene una tendencia ligeramente descendente (Tabla 63, Gráficos 51 y 52).

A) Estudio del magnesio en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa un ligero ascenso en la evolución alcanzando una práctica estabilización de los valores hasta la vendimia y llegando hasta valores de 83,5 mg/L. El test de Duncan confirma esta evolución ya que existen igualdad de medias entre casi todas las fechas excepto entre las dos últimas.

Gráfico 51.- Evolución del magnesio (mg/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

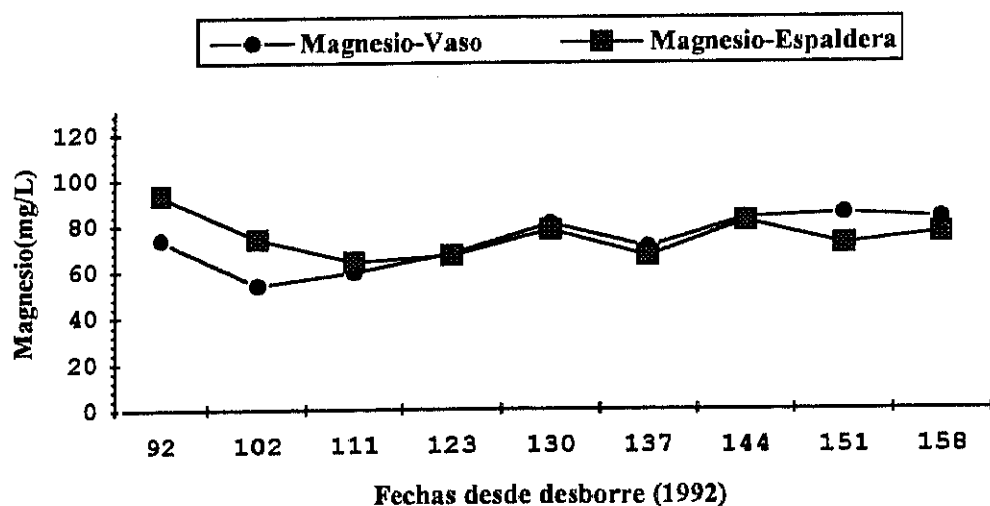
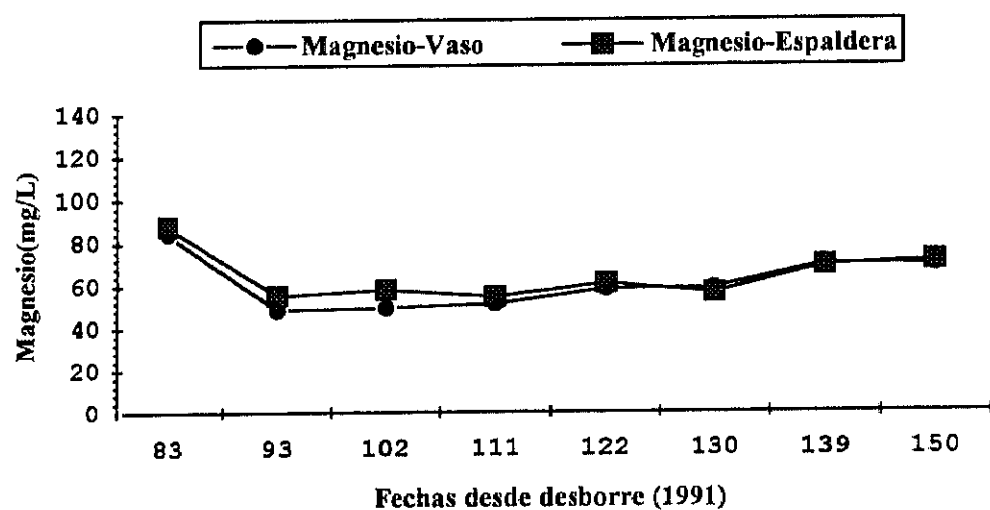
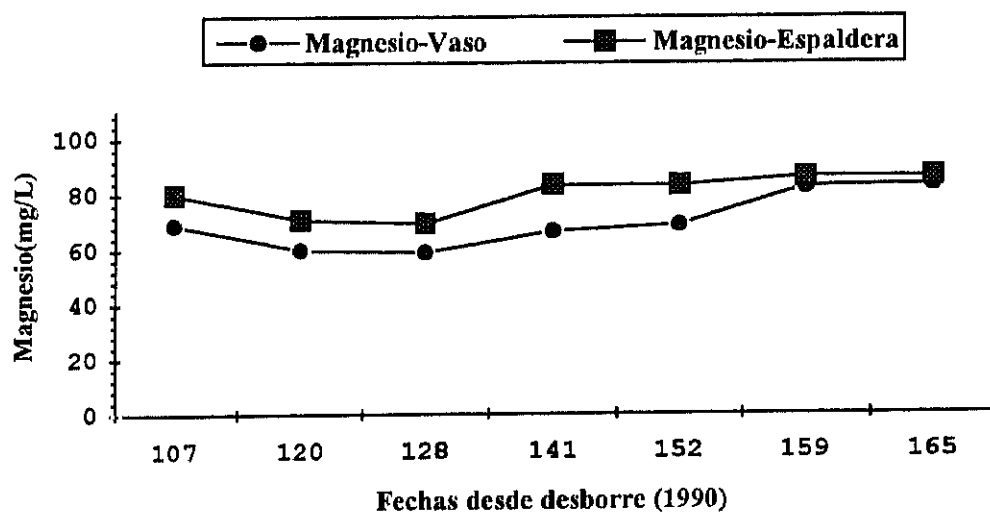
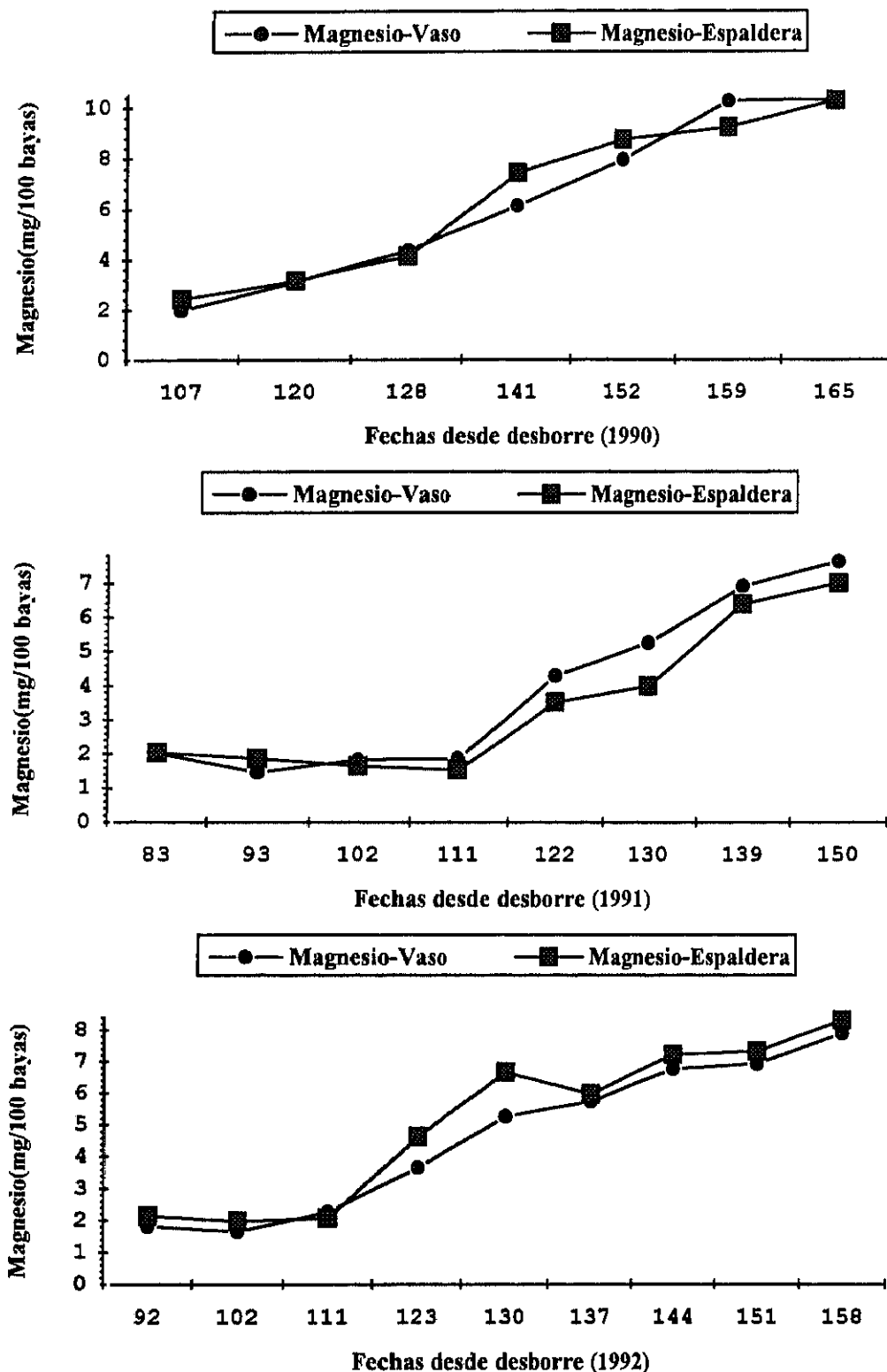


Gráfico 52.- Evolución del magnesio (mg/100 bayas) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



En el tratamiento en espaldera se produce exactamente el mismo comportamiento que en el tratamiento en vaso pero con valores finales en vendimia de 86,6 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias similares a lo que ocurría en el caso anterior.

Las concentraciones en espaldera son superiores a las del vaso en todo el proceso. En el estudio de las diferencias entre tratamientos a lo largo de las distintas fechas se observa que en la fase herbácea existen diferencias en todas las fechas y a partir del envero no existen diferencias salvo en la 128 y 152 (Tabla 109).

B) Estudio del magnesio en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se produce un descenso inicial seguido de una estabilización de los valores durante todo el proceso de la maduración, llegando en vendimia a 69,5 mg/L. El test de Duncan señala igualdad de medias entre las tres fechas anteriores al envero y luego hay diferencias entre las dos fechas siguientes con las dos últimas.

En el tratamiento en espaldera se produce el mismo modelo, llegando en vendimia a 71,3 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias entre la primera fecha con las cinco siguientes y las dos últimas.

En este año las concentraciones en espaldera son superiores a las del vaso excepto en las fechas 130 y 139. Sin embargo las diferencias entre los dos tratamientos no son significativas en ninguna fecha (Tabla 109).

C) Estudio del magnesio en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa un descenso inicial hasta el envero seguido de una estabilización de los valores durante el resto de la maduración con pequeñas oscilaciones, alcanzando en el momento de la vendimia valores de 74,5 mg/L. El test de Duncan muestra que las variaciones desde la primera fecha hasta el envero son significativas, y a partir de este momento se confirma estadísticamente la igualdad de los valores de una manera alternada.

En el tratamiento en espaldera el comportamiento es el mismo, llegando a valores finales de 76,5 mg/L. El test de Duncan indica diferencias entre las fechas anteriores al envero y una igualdad de medias hasta el final de la maduración.

Al establecer la comparación de las concentraciones alcanzadas entre ambos tratamientos se aprecia una alternancia de los valores, que originan diferencias significativas únicamente en dos fechas (102 y 151) (Tabla 109).

El comportamiento del magnesio (mg/L) en su evolución se observa que en todos los años las concentraciones permanecen constantes durante todo el proceso.

Se observa que la acumulación del magnesio por baya (mg/100 bayas) tanto en el vaso como en la espaldera tienen una tendencia de aumento fundamentalmente a partir del envero. Se observa que en 1990 los valores están muy próximos, en 1991 el vaso supera a la espaldera y en 1992 sucede lo contrario. Al estudiar por el análisis de varianza las diferencias entre tratamientos se comprueba que no existe ninguna fecha con diferencias significativas en ningún año, excepto la 152 de 1990. Se observa que las curvas de evolución de la concentración de este catión en los dos tratamientos están muy próximos incluso a partir del envero que es cuando más aumenta el volumen pero esto coincide con el momento de mayor presencia de este catión hasta el final de la maduración.

A partir del análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 133), se deduce que en 1990 y 1991 existen diferencias en las concentraciones adquiridas en función del tratamiento elegido, al igual que hay diferencias en los valores conseguidos según la fecha de la evolución. Sólo en 1992 existen diferencias en los valores por la acción conjunta de los dos factores.

1.4.2.4.- Evolución del sodio.

El sodio, en los dos tratamientos, durante los tres años tiene una tendencia oscilante (Tabla 64, Gráficos 53 y 54).

A) Estudio del sodio en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se produce un descenso brusco hasta el envero seguido de una estabilización hasta la vendimia, existiendo un aumento justo al final de la maduración, para posteriormente descender hasta valores en vendimia de 3,3 mg/L. El test de Duncan señala diferencias entre la primera con la fecha 152 y con el resto de las fechas que mantienen igualdad de medias.

En el tratamiento en espaldera el proceso es exactamente igual, con valores finales de 4,5 mg/L, incluso el test de Duncan muestra las mismas diferencias.

Gráfico 53.- Evolución del sodio (mg/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

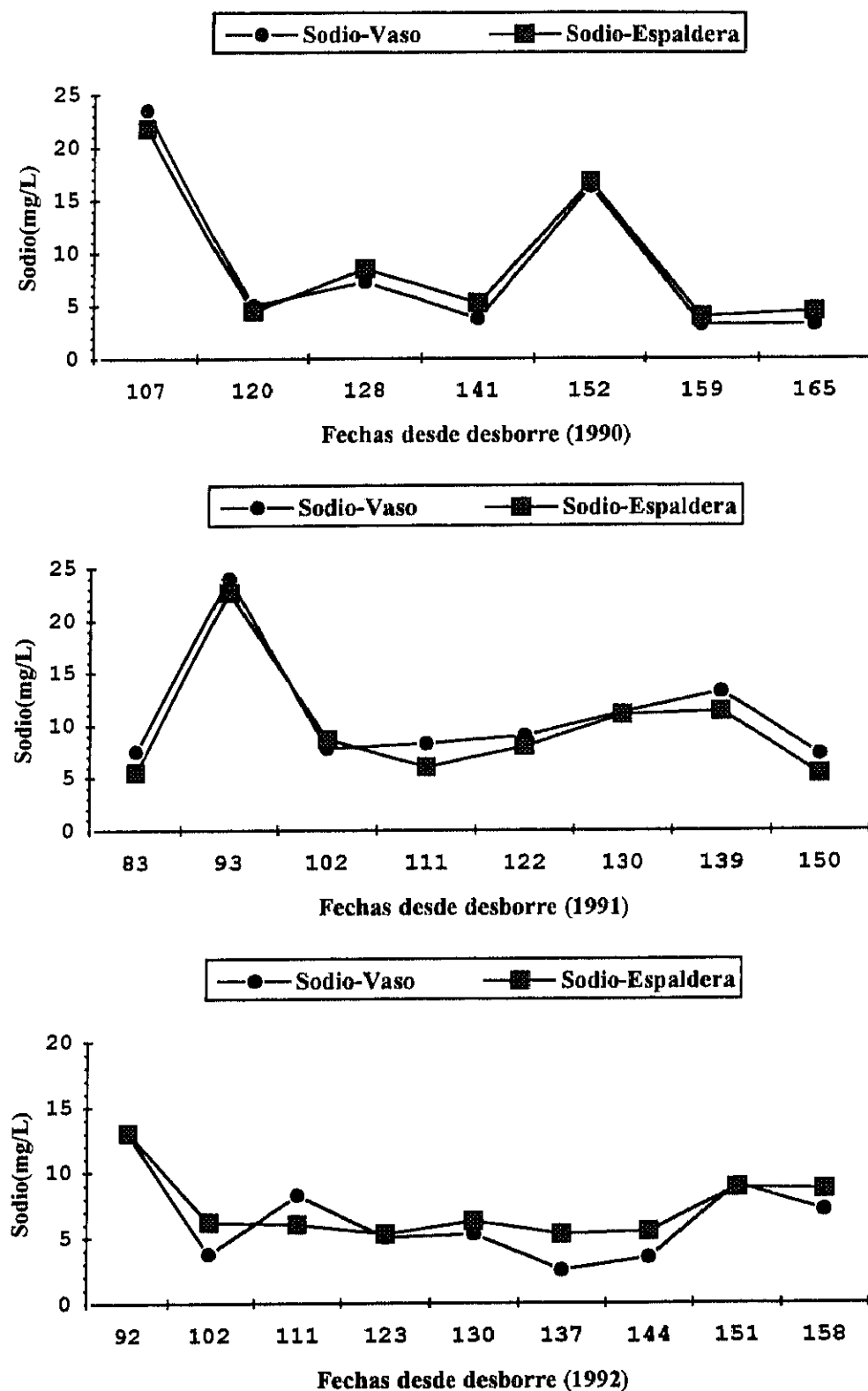
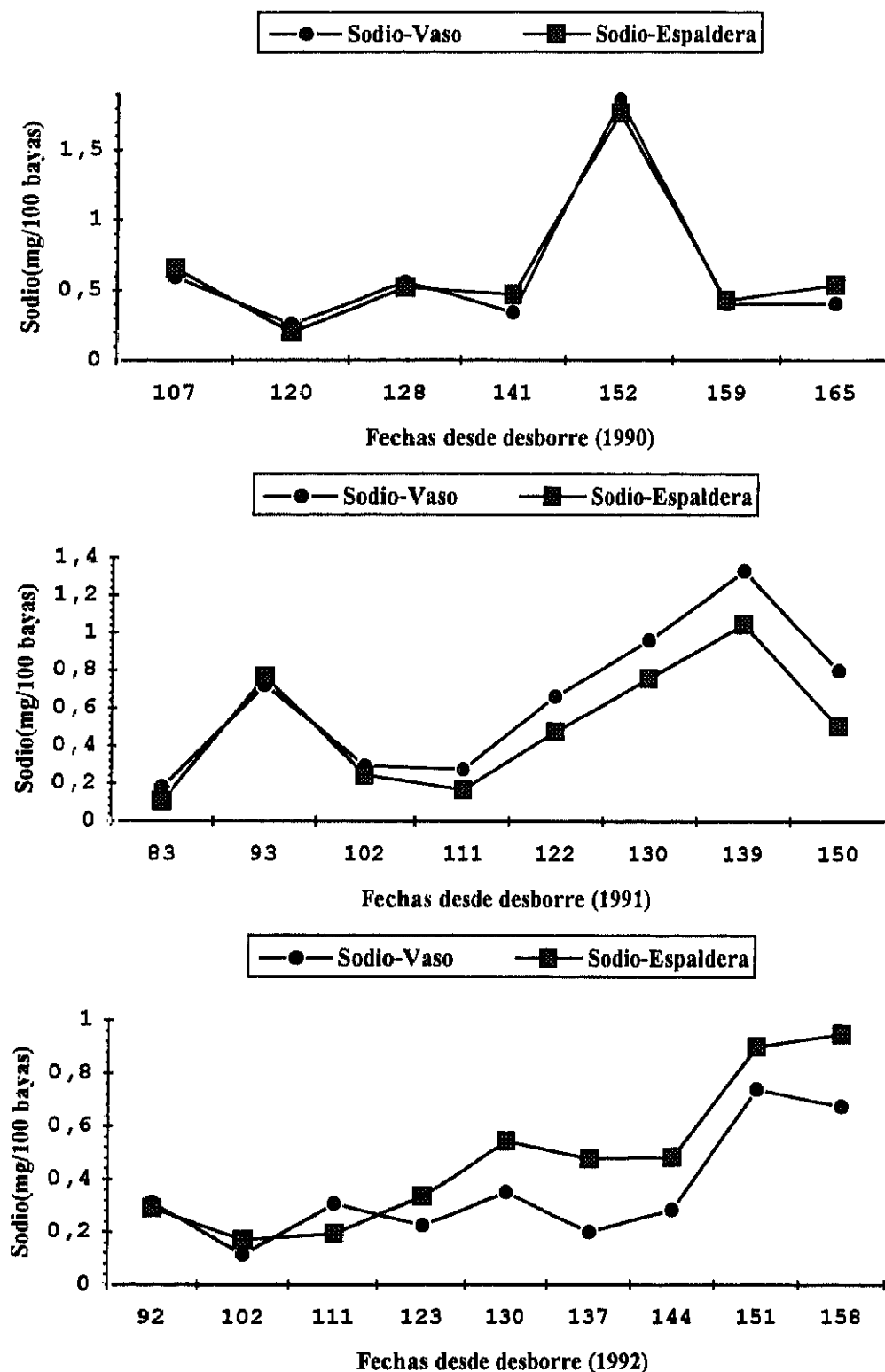


Gráfico 54.- Evolución del sodio (mg/100 bayas) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



Las concentraciones calculadas son muy parecidas en los dos tratamientos y se aprecia por el análisis de varianza que no existen diferencias en ninguna fecha excepto en las dos últimas (Tabla 110).

B) Estudio del sodio en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se observa un incremento inicial con un descenso inmediato hasta el envero, durante el resto de la maduración los valores se mantienen relativamente estables hasta la vendimia, momento en el que se alcanzan niveles de 7,3 mg/L. El test de Duncan señala igualdad de medias entre todas las fechas a partir de la 102 e incluso con la primera mostrando diferencias únicamente de todas éstas con la segunda, que es cuando se produce el aumento brusco.

En el tratamiento en espaldera se produce el mismo comportamiento con valores finales en vendimia de 5,3 mg/L. El test de Duncan muestra el mismo proceso que en el vaso.

Comparando los dos tratamientos se observa que las concentraciones alcanzadas en la espaldera son inferiores a las del vaso en la mayoría de las fechas, si bien se observa al aplicar el análisis de varianza que en ninguna fecha existen diferencias significativas (Tabla 110).

C) Estudio del sodio en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa una disminución del valor inicial manteniéndose los valores muy estables hasta unos veinte días antes de la vendimia que es cuando existe una ligera disminución que va seguido de un aumento hasta alcanzar 7,1 mg/L al final de la maduración. El test de Duncan confirma la evolución mostrando diferencias prácticamente entre la primera fecha con el resto de la maduración.

En el tratamiento en espaldera el comportamiento es muy parecido llegando a valores en vendimia de 8,7 mg/L. El test de Duncan señala las mismas diferencias que en el caso anterior.

Entre ambos tratamientos se observa que las concentraciones de sodio en espaldera son mayores a las del vaso en la mayoría de los muestreos, si bien no existen diferencias significativas en ninguna fecha entre los dos tratamientos, como en años anteriores, excepto en la 144 (Tabla 110).

La tendencia de la evolución del sodio (mg/L) es de un mantenimiento de los valores aunque presenta oscilaciones a lo largo de la maduración que son independientes del tipo de

tratamiento. El sodio es un catión cuya distribución en las bayas, al igual que el potasio, responde a procesos de migración en función de la cantidad de agua disponible y de las condiciones atmosféricas; también intervienen procesos osmóticos entre la savia por la que circula y la concentración del órgano al que llega.

Respecto al estudio de la acumulación de sodio por las bayas (mg/100 bayas) en el proceso de maduración se aprecia un mantenimiento de los valores con una ligera tendencia al aumento hasta la vendimia, siendo los valores en el vaso superiores a la espaldera en 1991 ocurriendo lo contrario en 1992, mientras que en 1990 no existe una preferencia de un tratamiento respecto al otro. Al estudiar las variaciones entre tratamientos se comprueba que en ningún año existen diferencias en las distintas fechas, excepto en la fecha de la vendimia de 1990 y en la fecha 144 de 1992.

En el tratamiento factorial, tratamiento y fecha (Tabla 133), se muestra que en los tres años los valores (g/L) alcanzados no son distintos en función del tratamiento empleado, es decir, las concentraciones son independientes del tipo de tratamiento elegido, si bien los valores en las distintas fechas sí son diferentes. También se comprueba que en los tres años no existen diferencias en las cifras alcanzadas por la interacción de los dos factores, por lo tanto el modelo de evolución no es distinto en función del tratamiento.

1.5.- EVOLUCION DE LA ERACCION NITROGENADA: PROLINA.

1.5.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO.

1.5.1.1.- Evolución de la prolina

La prolina en los diferentes tratamientos a lo largo de los tres años, tiene una tendencia ascendente (Tabla 19, Gráficos 55 y 56).

A) Estudio de la prolina en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa un crecimiento continuo que se acentúa en el envero y tiene una pendiente de aumento muy grande hasta el momento final de la vendimia, llegando a valores de 356,5 mg/L. El test de Duncan muestra semejanzas entre las primeras

fechas entre sí y diferencias entre las tres fechas que siguen al envero, además de una igualdad en las medias de las fechas anteriores a la vendimia.

En el tratamiento de secano se observa una estabilización hasta el envero, a partir de aquí existe un continuo aumento hasta el final de la maduración con valores en vendimia de 219,2 mg/L. El test de Duncan señala igualdad de medias entre las fechas muestreadas hasta el envero, las dos siguientes y las tres fechas finales.

Comparando ambos tratamientos se ve que las concentraciones halladas (mg/L) en el regadío son mayores a las de secano en todo el proceso de maduración. La aplicación del análisis de varianza determina el grado de diferencia existente entre ambos tratamientos para cada fecha de muestreo, observándose que existen diferencias significativas en todas las fechas excepto en la 128 (Tabla 111).

B) Estudio de la prolina en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa una estabilización hasta el momento del envero, a continuación se produce un aumento hasta la vendimia llegando a 196,4 mg/L. El test de Duncan muestra como no existen diferencias hasta el envero mientras que a partir de esta fecha los contenidos de prolina difieren significativamente.

En el tratamiento de secano el ritmo de acumulación que se produce es parecido llegando en este caso a valores de 254,9 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias entre fechas a partir del envero.

Las concentraciones de este aminoácido (mg/L) en el secano son mayores que las del regadío, a diferencia del año anterior, ya que el efecto de dilución es mayor en el regadío. En este año el análisis de varianza indica que en dos fechas después del envero los niveles de prolina difieren según el tratamiento, si bien al acercarnos al momento de la vendimia no hay diferencias (Tabla 111).

C) Estudio de la prolina en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa, como en los años anteriores, una estabilización de los valores en la fase herbácea, en el momento del envero se inicia un aumento que finaliza en la vendimia con valores de 368,7 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias entre todas las fechas a partir del envero.

Gráfico 55.- Evolución de la prolina del mosto (mg/L) obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

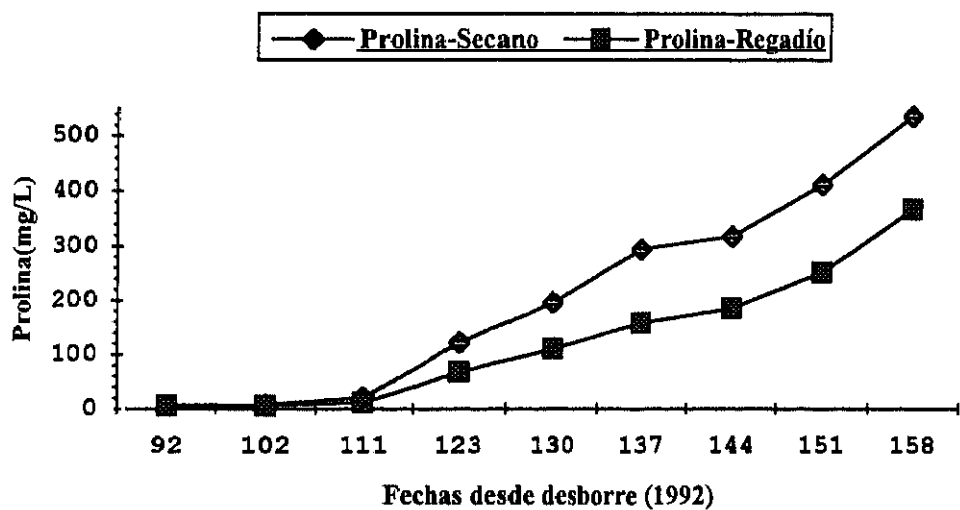
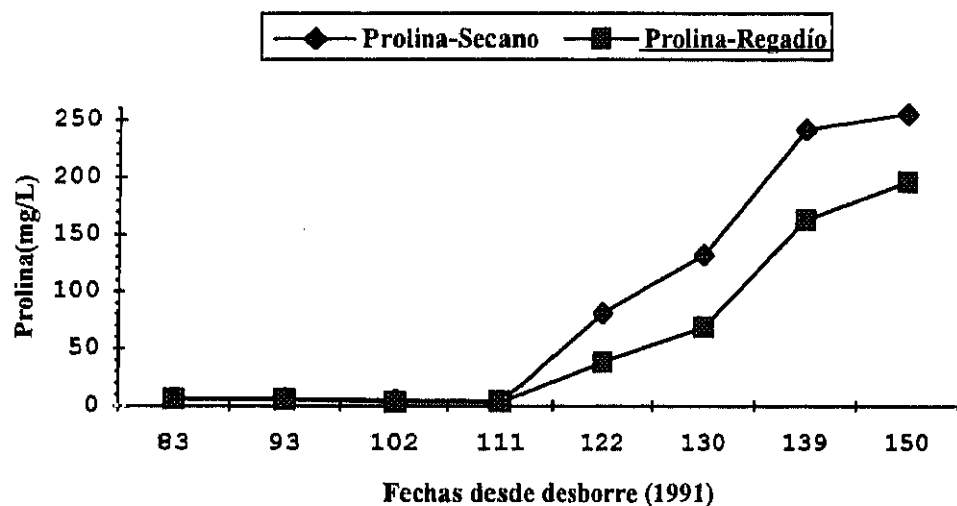
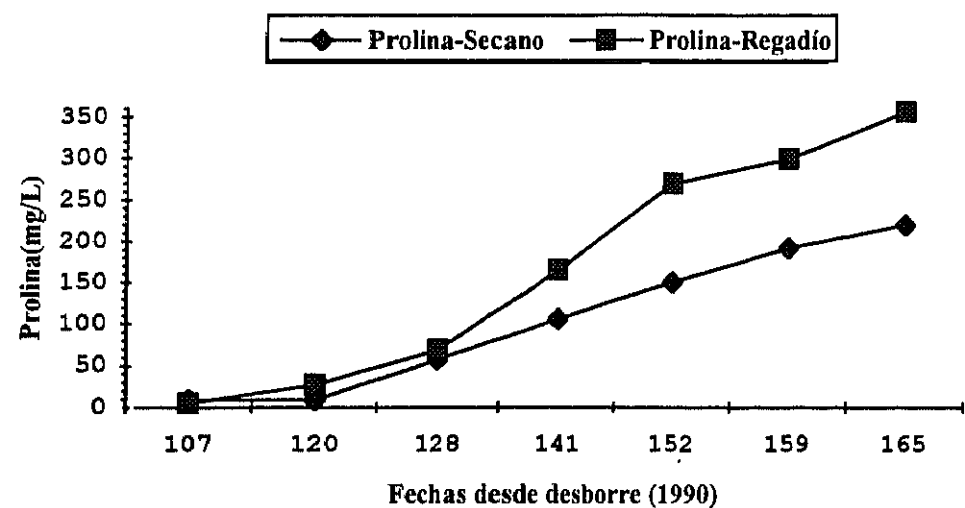
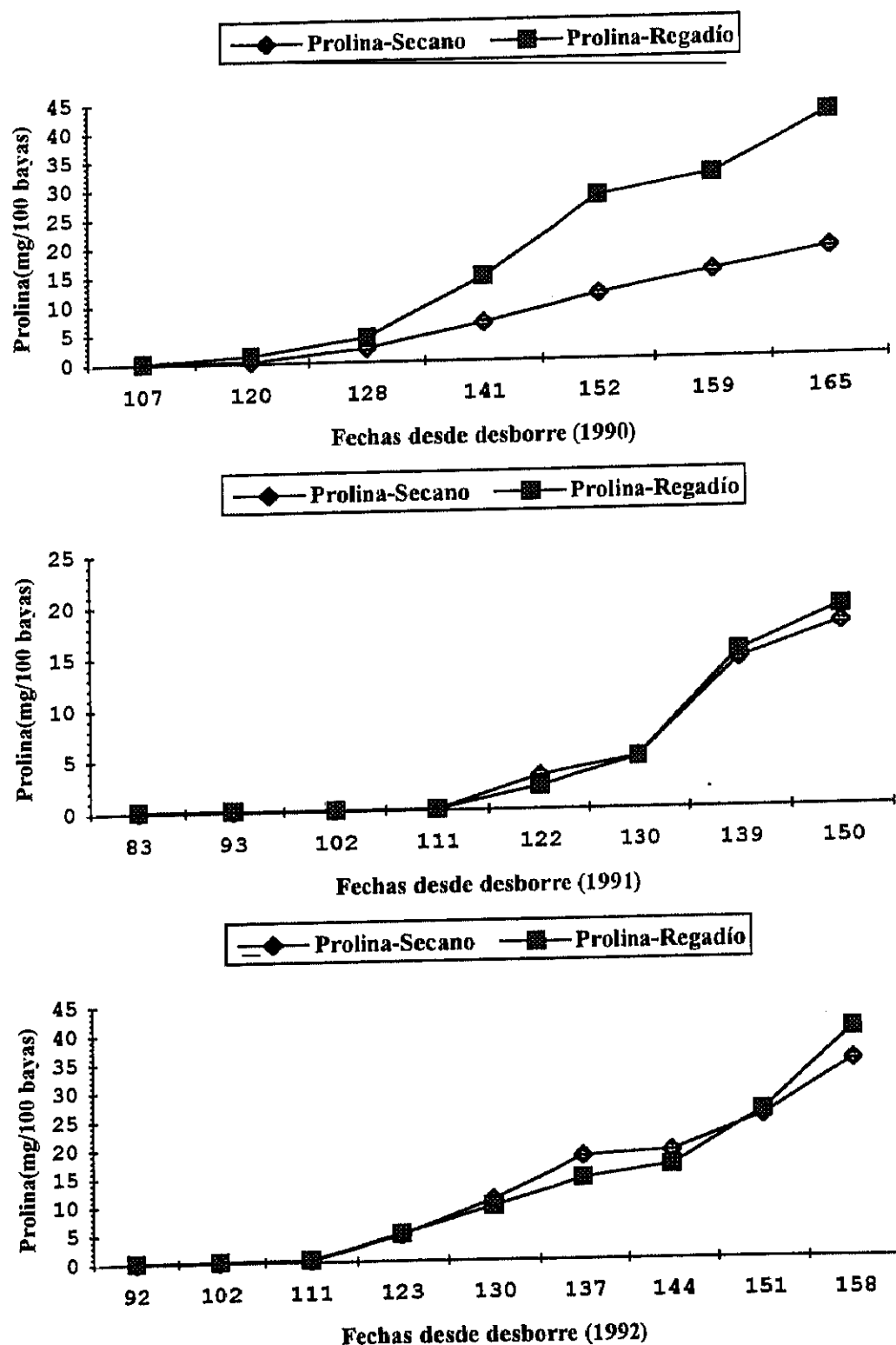


Gráfico 56.- Evolución de la prolina (mg/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



En el tratamiento de secano el modelo seguido es el mismo, aunque los valores son superiores a los de regadío, llegando a 536,8 mg/L al final del proceso de maduración. El test de Duncan indica diferencias a partir del envero.

Entre ambos tratamientos los valores de las concentraciones de prolina (mg/L) son mayores en el secano a partir del envero y durante toda la maduración. Con el análisis de varianza se observa que existen diferencias entre tratamientos en todas las fechas a partir del envero (Tabla 111).

Se observa que a lo largo de los tres años de muestreo en los dos tipos de tratamientos las curvas de evolución de la prolina (mg/L) tienen un comportamiento muy parecido, es decir, la prolina no crece apenas durante la fase herbácea y es a partir del envero cuando se produce una acumulación rápida hasta el momento final de la maduración, llegando a pasar desde 13-60 veces el valor que tenían en el envero. Castino (1988) confirma cualitativamente esta evolución con distintos tipos de variedades y comprobando que es un modelo de evolución similar al de los sólidos solubles totales, observando que se alcanzan en vendimia valores característicos según la variedad de que se trate.

La síntesis de prolina (mg/100 bayas) es muy semejante en los dos tipos de tratamientos, es decir, se caracteriza por un aumento continuado hasta el final de la maduración, siendo más acusada la pendiente de crecimiento a partir del envero. Se observa que los valores en el regadío son muy parecidos a los de secano, excepto en el primer año en el que el regadío es superior claramente al secano, este hecho es el que provoca que las concentraciones (mg/L) en el secano sean superiores ya que al ser menor el tamaño de baya se produce un efecto de concentración, si bien en 1990 las cantidades que llegan o se sintetizan en la baya son muy superiores en el regadío y el efecto de dilución elevado debido al crecimiento propio de las bayas no consigue disminuir la concentración respecto al secano. Se observa que además existen diferencias entre tratamientos en todas las fechas de muestreo en 1990, en ninguna fecha en 1991, y en 1992 sólo existen diferencias en las dos primeras fechas y en la 137 de la maduración, no existiendo en ninguna fecha más diferencias en los valores de las medias.

Se está produciendo un almacenamiento de nitrógeno a lo largo de la maduración en las bayas, estos resultados coinciden con los ya observados por Lafon-Lafourcade y Guimberteau (1962), Kluba y col. (1978), que comprueban que los aminoácidos libres se acumulan durante el periodo de crecimiento y maduración de la baya, si bien la síntesis es especialmente activa a

partir del envero. Ciertos compuestos nitrogenados son moléculas no muy grandes que pueden circular por la planta y llegar a las bayas, además las semillas al llegar a la madurez fisiológica ceden el nitrógeno en provecho de la pulpa hasta que el fruto llega a la madurez, aumentando cada vez las cantidades de nitrógeno total.

Kliwer (1970) indica que la concentración de prolina en el mosto aumenta durante la maduración de las bayas de distintas variedades, alcanzando valores finales que pueden pasar de dos a seis veces el valor que tenían al principio del muestreo. Matthews y Anderson (1988) trabajando en la variedad Cabernet Franc, comprueban que la concentración de prolina en el mosto de vides que han estado sometidas a un ligero estrés hídrico es superior respecto a las que han tenido un exceso de agua. Sin embargo Freeman y Kliwer (1983) observaron que al cortar el riego a las vides descendía la acumulación de prolina en bayas de la variedad Carignane. Por tanto la causa del aumento de la prolina durante la maduración y las diferentes respuestas a los distintos niveles de agua no está del todo aclarada.

En el análisis de varianza de dos factores, fecha y tratamiento (Tabla 133), se observa que en los tres años los valores son distintos significativamente en función del tratamiento elegido, siendo los valores acumulados superiores en el caso del regadío en 1990 y en el secano en 1991-1992. Cuantitativamente los valores de prolina (mg/L) según el año que se trate, a lo largo de las distintas fechas de muestreo y en los dos tratamientos son diferentes significativamente, como demuestra el análisis de varianza, además de existir diferencias por la interacción de los dos factores en los tres años, es decir, se modifica la evolución de la prolina en función del tratamiento elegido.

1.5.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.

1.5.2.1.- Evolución de la prolina.

La prolina en los tratamientos de los tres años tiene una tendencia ascendente (Tabla 65, Gráficos 57 y 58).

A) Estudio de la prolina en el mosto de uva en 1990.

Gráfico 57.- Evolución de la prolina (mg/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

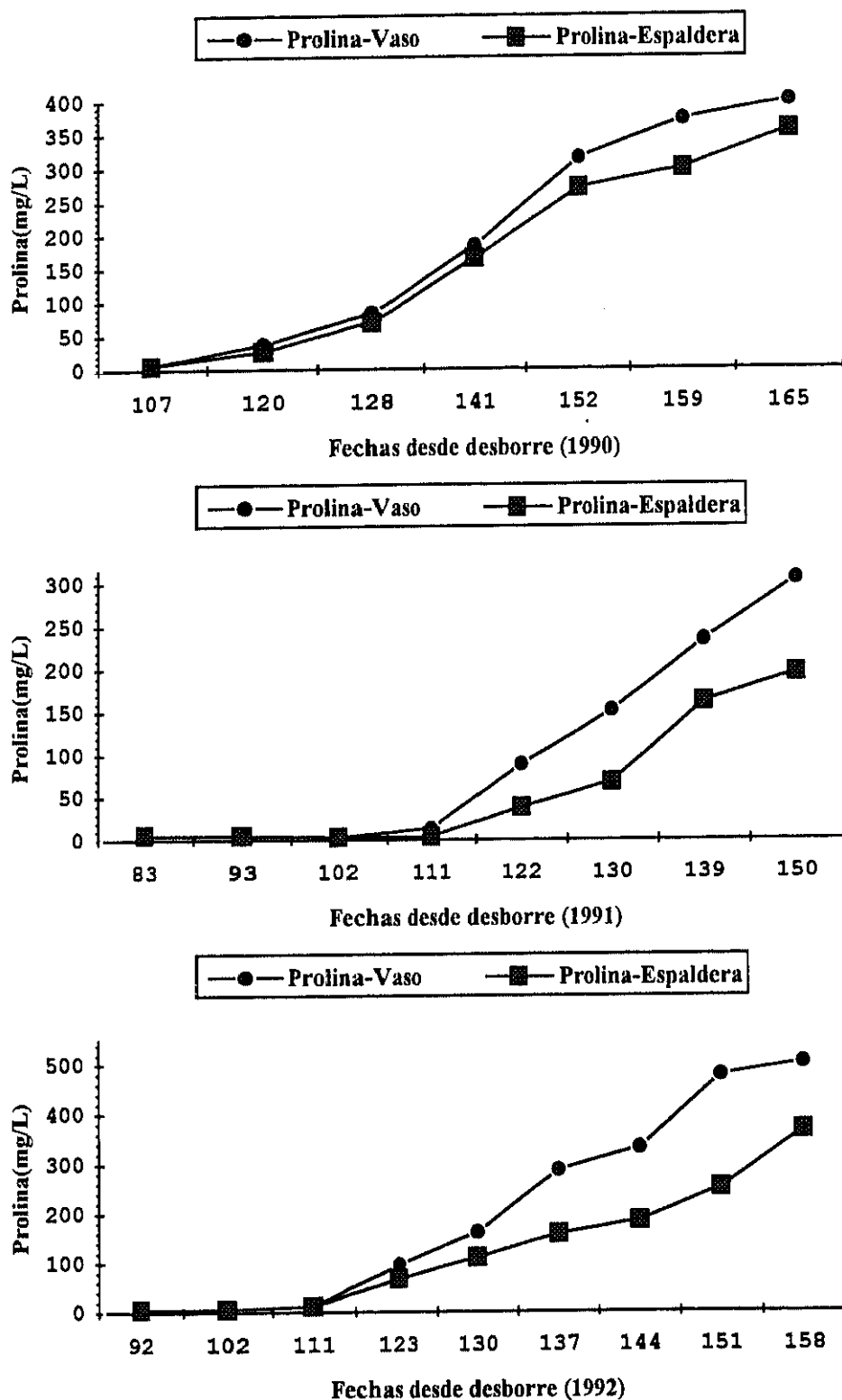
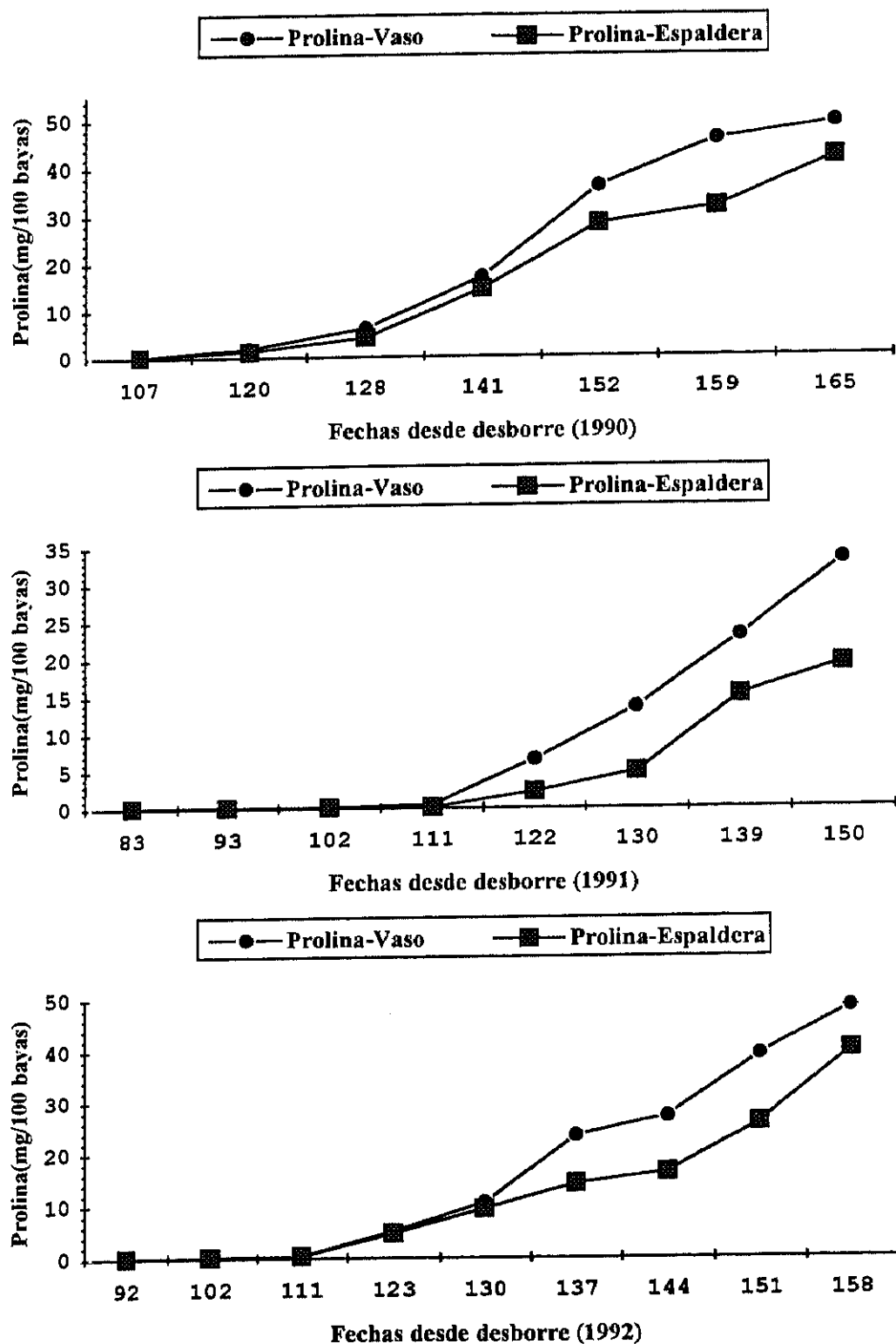


Gráfico 58.- Evolución de la prolina (mg/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



En el tratamiento en vaso se observa un incremento gradual desde la primera fecha de muestreo hasta la vendimia, siendo este aumento más acentuado desde el envero, y a lo largo de la maduración disminuye la velocidad de crecimiento hasta aproximadamente la fecha 159 que comienza una estabilización, llegando a valores finales de 399,1 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias significativas a partir de la segunda fecha y hasta la anterior a la vendimia, observando igualdad de medias entre las dos primeras y las dos últimas.

En el tratamiento en espaldera el comportamiento es exactamente el mismo, alcanzando cifras al final de la maduración de 356,5 mg/L. El test de Duncan señala incrementos significativos entre las cuatro fechas que siguen al envero.

Comparando tratamientos se observa que los valores en el vaso son en todos los puntos de la evolución superiores a los de espaldera. En el estudio de las diferencias de los valores de las concentraciones de prolina entre tratamientos, se observa que en ninguna fecha existen diferencias significativas (Tabla 111).

B) Estudio de la prolina en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se produce una estabilización hasta el envero, con un aumento posterior que presenta una pendiente muy acusada que continúa durante toda la maduración, llegando a valores en vendimia de 305,2 mg/L. La aplicación del test de Duncan confirma dicha evolución al manifestar diferencias entre todas las fechas a partir del envero.

En el tratamiento en espaldera el comportamiento es el mismo hasta el envero y luego existe un aumento durante toda la maduración aunque con una pendiente menor al tratamiento anterior, con valores en la vendimia de 196,4 mg/L. El test de Duncan indica diferencias a partir del envero, si bien existe igualdad de medias entre las fechas 122 y 130.

Entre ambos tratamientos se comprueba que las concentraciones en vaso son superiores a las de espaldera a partir del envero. En el estudio de las diferencias entre tratamientos se indica cómo aumentan las diferencias a medida que avanza el proceso de maduración, existiendo diferencias en las fechas que siguen al envero excepto en la 139 (Tabla 111).

C) Estudio de la prolina en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se comprueba que la concentración de prolina se mantiene constante hasta el envero, momento en el que se inicia un aumento continuo, y con una pendiente superior respecto a la espaldera, hasta el final del proceso de la maduración que se alcanzan

valores de 504,4 mg/L. El test de Duncan indica diferencias significativas entre todas las fechas a partir del momento del envero, excepto entre las dos últimas.

En el tratamiento en espaldera el comportamiento es el mismo salvo que a partir del envero el aumento es menos rápido que en el caso anterior, terminando en 368,7 mg/L. El test de Duncan señala diferencias entre todas las fechas a partir del envero.

Las concentraciones en el vaso son superiores respecto a la espaldera, al igual que ocurría en años anteriores. En el estudio de las diferencias entre tratamientos por el análisis de varianza se observan diferencias en todas las fechas a partir del envero (Tabla 111).

Las tendencias generales que se observan en la evolución de la prolina (mg/L) son muy similares a las de los sólidos solubles, es decir, existe un incremento de la concentración acentuado a partir del envero, siendo en todos los casos los valores en el vaso superiores a los del tratamiento en espaldera. Lafon-Lafourcade, y Guimberteau (1962) observan que la concentración de prolina aumenta durante la maduración y está muy correlacionada con el aumento de los sólidos solubles y con la cantidad de superficie foliar en relación al peso de las bayas. Nassar y Kliwer (1966) afirman que existe una evidencia indirecta, indicando que la síntesis de la prolina se realiza en las bayas, y la relación directa que parece existir con los SST en el mosto podría indicar que los enzimas necesarios para la síntesis de la prolina se relacionan de algún modo con el proceso de maduración de las uvas.

En el estudio de la síntesis de la prolina (mg/100 bayas) se observa que el perfil de la evolución es ascendente con un incremento importante a partir del envero, como ocurría con los azúcares, siendo a partir de esta fecha los valores del vaso superiores a los de espaldera durante los tres años. El análisis de varianza entre tratamientos indica que en los tres años las variaciones mayores aparecen en las últimas fechas del proceso de maduración, si bien en el momento de la vendimia sólo existen diferencias en 1991.

Por tanto el aumento de la concentración de prolina a lo largo de la evolución, supone que la síntesis de prolina ha sido suficiente para contrarrestar el efecto de dilución de la baya.

Se realiza el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 133) para los tres años, y se comprueba que las concentraciones de prolina (mg/L) a lo largo de la evolución son significativas en 1991 y 1992, siendo los valores en el vaso superiores ($p \leq 0,01$) a los de espaldera, además en las fechas los valores alcanzados son distintos según el año de que se trate. En el estudio de la interacción de los dos factores se comprueba que sólo en 1990 los valores no

son diferentes, mientras que en 1991 y 1992 la evolución está afectada por la acción conjunta de esos dos factores.

1.6.- EVOLUCION DE LOS COMPUESTOS POLIFENOLICOS.

Se estudian por una parte algunas de las familias pertenecientes a este tipo de compuestos de una forma general, y por otra ciertos componentes de forma individualizada así como las densidades ópticas a distintas longitudes de onda para conocer la evolución de la intensidad y la tonalidad colorante. Los resultados se expresan en mg/L y mg/100 bayas, ya que esta última expresión indica las cantidades encontradas independientemente del tamaño de la baya.

1.6.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO.

1.6.1.1.- Evolución de la absorbancia a 520 nm y 420 nm (DO-520 y DO-420).

Las absorbancias a esas longitudes de onda en los dos tratamientos y durante los tres años tienen una tendencia ascendente (Tablas 20 y 21, Gráficos 59 y 60).

A) Estudio de la DO-520 y DO-420 en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa para las dos medidas, un incremento hasta la tercera fecha de la maduración, a continuación los valores se mantienen prácticamente constantes hasta la fecha final, llegando en vendimia a 0,72 UA y 1,19 UA respectivamente. El test de Duncan muestra en el primer caso diferencias entre las tres primeras fechas, y en el segundo diferencias entre la primera fecha con el resto, es decir, en los dos casos a partir de la tercera fecha los valores son iguales.

En el tratamiento de secano se observa un aumento continuado para ambas medidas (DO-520 y DO-420), hasta la fecha 141 momento el que se produce un descenso rápido para continuar un ascenso progresivo hasta llegar en vendimia a valores de 1,10 UA y 2,16 UA respectivamente. En los dos casos se observan diferencias significativas entre las tres fechas que siguen al envero (test de Duncan).

Gráfico 59.- Evolución de la densidad óptica a 520 nm del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

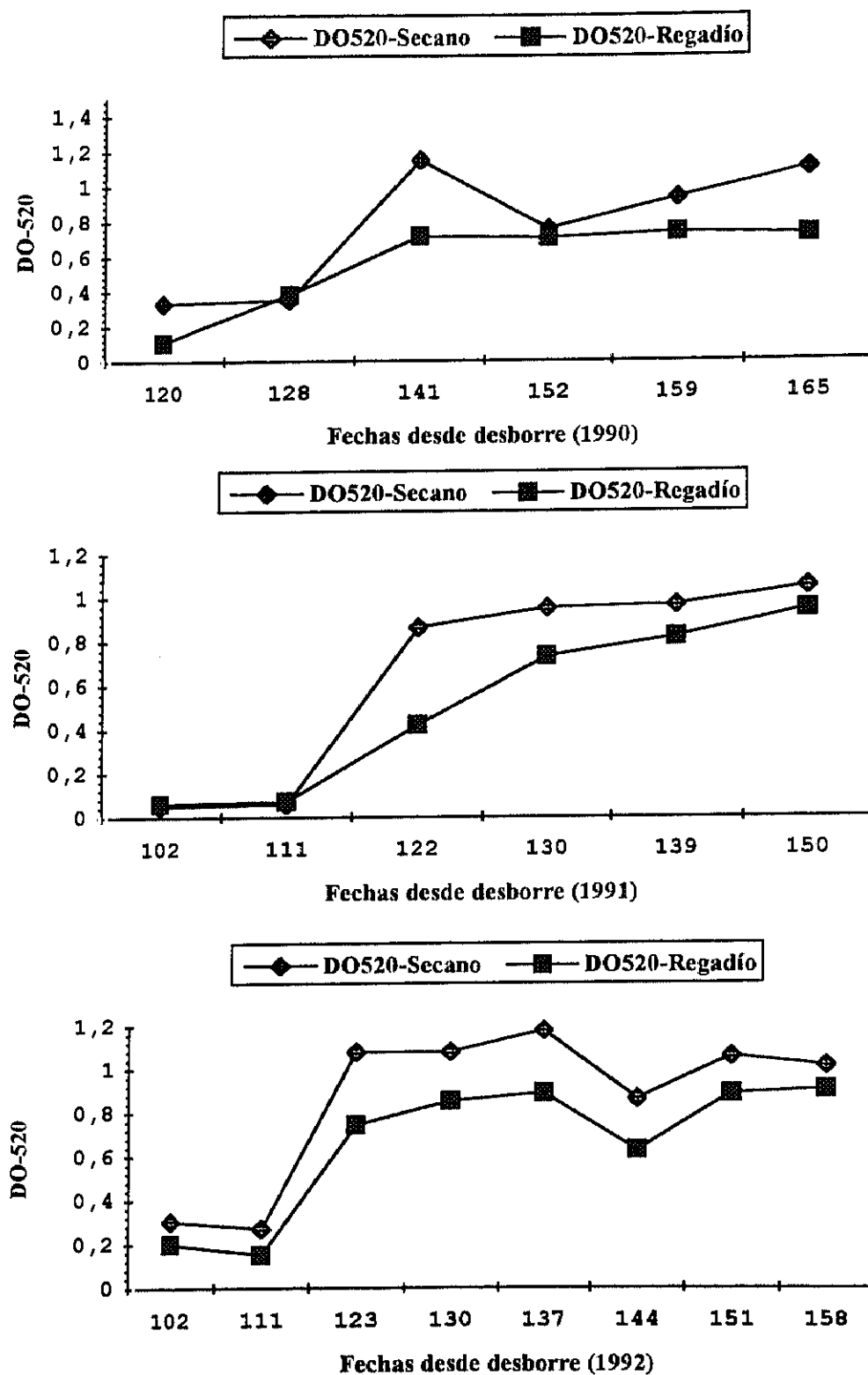
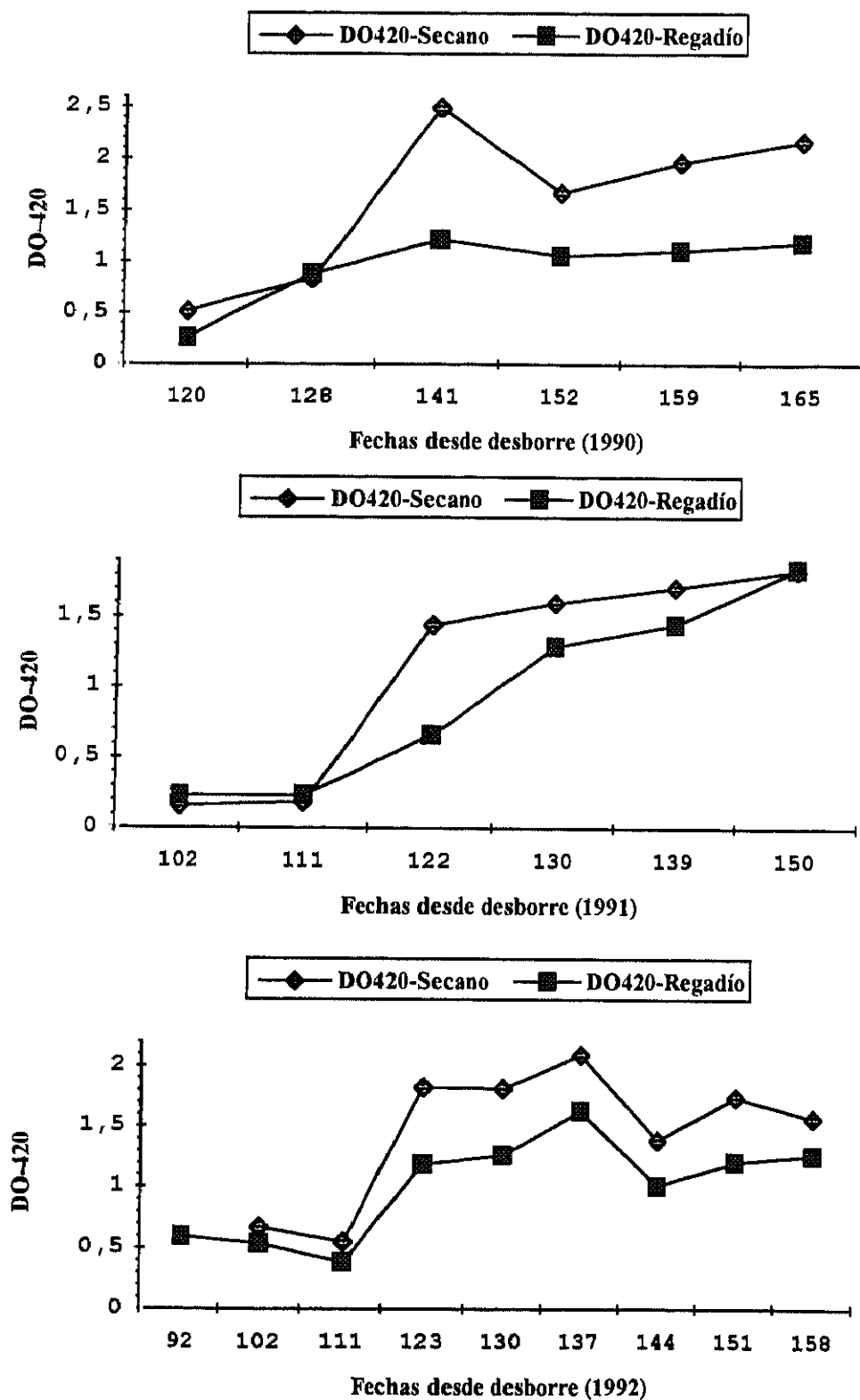


Gráfico 60.- Evolución de la densidad óptica a 420 nm del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



Comparando ambos tratamientos se observa que los valores de DO-520 y DO-420 en el secano, son mayores a las del regadío durante todo el proceso de maduración. El análisis de varianza señala que las diferencias entre ambos tratamientos para cada fecha de muestreo, han resultado ser significativas salvo en las fechas 128 y 152, en el caso de las medidas a 520 nm (Tabla 112), y la fecha 128, en las medidas a 420 nm (Tabla 113).

B) Estudio de la DO-520 y DO-420 en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío existe una estabilización de las absorbancias, tanto a 520 como a 420 nm hasta el envero, momento en el que se inicia un crecimiento rápido hasta la vendimia, llegando a cifras de 0,95 UA para 520 nm y 1,84 UA para 420 nm. El test de Duncan muestra diferencias entre las tres fechas que siguen al envero para el primer caso, y existen diferencias entre las tres primeras fechas y las tres últimas para 420 nm, apreciando que en los dos casos los valores de las fechas próximas a vendimia son iguales entre sí.

En el tratamiento de secano en los dos casos se observa un comportamiento parecido, así inmediatamente después del envero la pendiente de aumento es mayor que en el regadío, continuando con un progresivo crecimiento suave, hasta llegar en vendimia a valores de 1,05 UA y 1,83 UA respectivamente. El incremento más significativo para ambas variables tiene lugar entre la fecha 111 y 122 (test de Duncan).

Comparando los dos tratamientos se observa que las absorbancias para las dos longitudes de onda, son superiores en el secano que en el regadío, prácticamente en todas las fechas, excepto en las fechas que preceden al envero. Desde el punto de vista estadístico se confirma para las dos densidades, que sólo en la fecha 122, hay diferencias significativas entre tratamientos (Tablas 112 y 113).

C) Estudio de la DO-520 y DO-420 en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa un ligero descenso de las absorbancias a esas dos longitudes de onda hasta el envero, a partir de ahí se produce un rápido aumento, seguido de una estabilización y posterior descenso con cierta recuperación hasta llegar a medidas de 0,90 UA y 1,26 UA respectivamente en el momento de la vendimia. El test de Duncan confirma que la variación más importante a lo largo de la evolución de ambas variables se produce entre las fechas 111 y 123, manteniéndose hasta el final los valores con oscilaciones no significativas excepto entre las fechas 137-144.

En el tratamiento de secano se observa un comportamiento paralelo de los datos obtenidos a las dos longitudes de onda, llegando en vendimia a cifras de 1,02 UA para 520 nm y 1,57 UA para 420 nm. El test de Duncan corrobora las evoluciones de ambas variables, indicando que los aumentos y posteriores descensos entre las fechas 11-123 y 137-144 son significativos.

Comparando ambos tratamientos se comprueba que los valores para ambas medidas, son mayores en secano durante todas las fechas de muestreo. En este año no se detectan diferencias entre los dos tratamientos al principio de la evolución, pero se van incrementando significativamente a medida que progresa la maduración, si bien en el momento de la vendimia no se aprecian de nuevo diferencias (Tablas 112 y 113).

Globalmente, la tendencia de los valores de las absorbancias a 520 nm y 420 nm, tanto en regadío como en secano, es de aumento en todo el proceso de maduración con una estabilización en las últimas fechas, aunque el perfil de las curvas en cada año adopta formas diferentes en función de las características estacionales del año. Además se repite todos los años la superioridad de los valores en el secano, quizás debido al proceso de concentración que ofrece este tratamiento por el menor tamaño de sus bayas. Puede ocurrir que a veces aparezca a lo largo de la evolución algún diente de sierra como en el año 1992, esas disminuciones observadas podrían ser debidas a una diferente extracción en el estrujado mecánico de las uvas y no a un proceso de dilución ya que en esas fechas el peso de las bayas apenas sufre modificaciones como se observa en el test de Duncan aplicado al peso entre esas fechas.

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 131), se observa para la densidad óptica a 520 nm que en todos los años existen diferencias significativas en los valores acumulados en función del tratamiento, siendo en cualquier caso las absorbancias del secano superiores a las del regadío; en las medidas a 420 nm se observa que sólo en 1991 no van a existir diferencias en los valores alcanzados en los distintos tratamientos mientras que en los otros dos años además de aparecer diferencias significativas (con un nivel de significación del 0,05) es el tratamiento de secano el que alcanza siempre los valores mayores, y en los tres años los valores son diferentes en función de la fecha de muestreo. Los valores de absorbancias a 520 nm del mosto son diferentes por la interacción de esos dos factores sólo en 1991, mientras que a 420 nm sólo en 1992 las absorbancias no son diferentes y sí lo son en los otros dos años.

1.6.1.2.- Evolución de la intensidad y tonalidad colorante.

La intensidad colorante en los dos tratamientos durante los tres años tiene una tendencia ascendente mientras que la tonalidad es descendente (Tablas 22 y 23, Gráfico 61).

A) Estudio de la intensidad y tonalidad colorante en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa un crecimiento rápido de la intensidad en las tres primeras fechas, seguido de una estabilización en los valores durante el resto del proceso de maduración, llegando en vendimia a cifras de 1,91. Por el contrario, para la tonalidad se observa una estabilización inicial de esa relación seguido de una disminución y un mantenimiento de los valores hasta llegar al momento de la vendimia con cifras de 1,62. El test de Duncan indica diferencias para los dos parámetros únicamente entre la fecha del envero y la siguiente, permaneciendo los valores constantes a lo largo de la evolución.

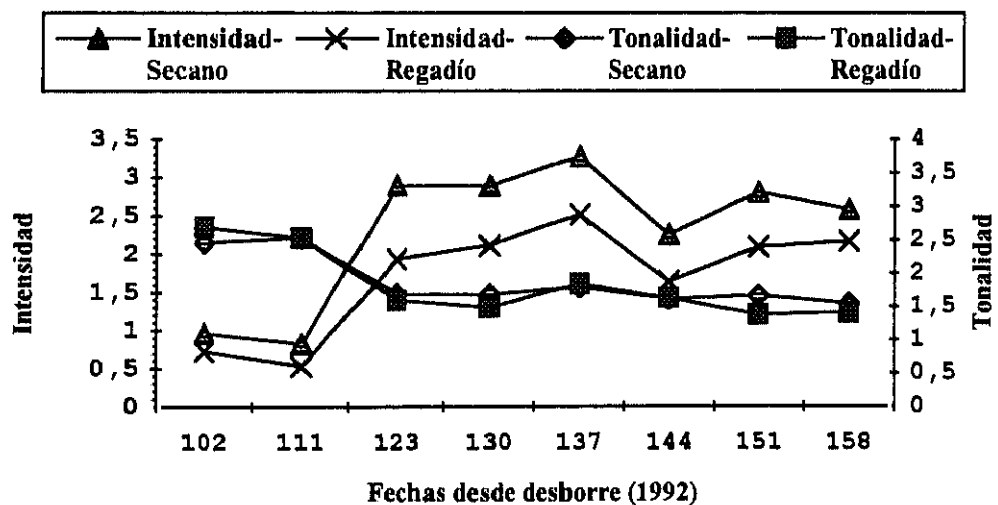
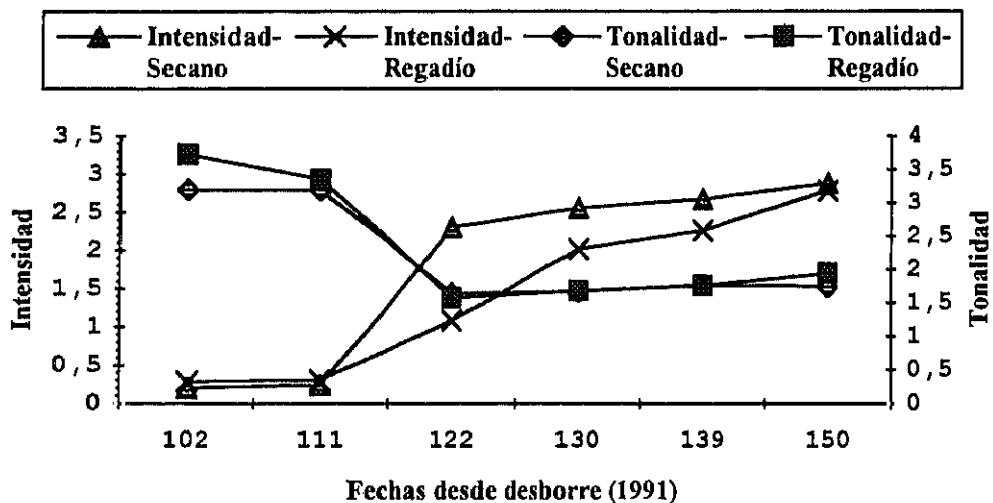
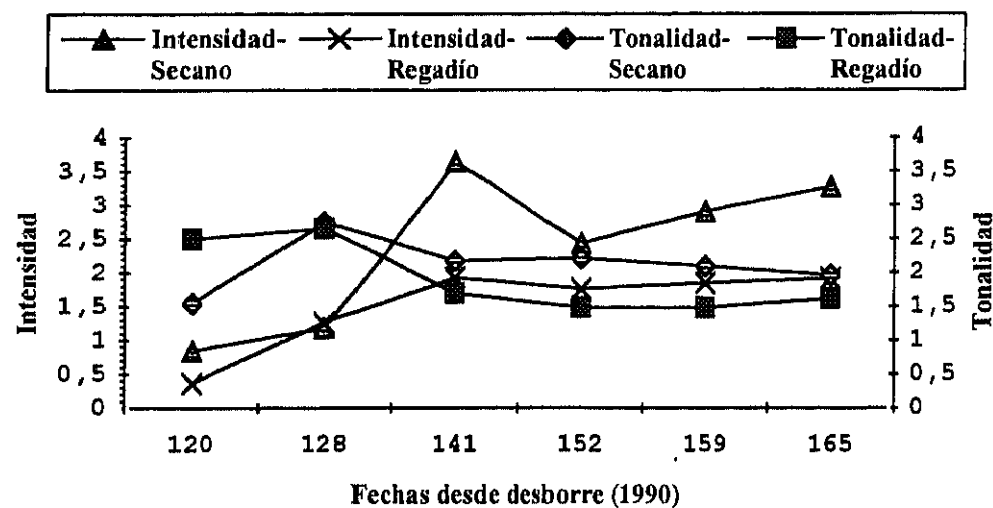
En el tratamiento de secano se observa un ascenso continuo y rápido para la intensidad, con una mayor pendiente que en el caso del regadío, hasta llegar al final de la maduración a 3,27. En relación a la tonalidad existe un aumento inicial seguido de una disminución durante el resto del proceso de maduración, aunque a partir de la fecha 141 sucede de manera suave, manteniéndose prácticamente constantes los valores hasta llegar a la fecha de la vendimia con cifras de 1,96. El test de Duncan proporciona diferencias entre las tres fechas que siguen al envero (tonalidad) o la fecha 128 (intensidad), igualándose los valores en las últimas fechas del proceso de maduración para los dos casos.

Comparando los dos tratamientos se comprueba que los valores de la intensidad y tonalidad en el secano son mayores que los de regadío en todo el proceso de maduración, acercándose en el caso de la tonalidad los datos en el momento de la vendimia. Para comprobar si existen diferencias entre los dos tratamientos en las distintas fechas de muestreo se realiza el análisis de varianza, mostrando que para la intensidad colorante existen diferencias en todas ellas excepto en una fecha, 128, mientras que para la tonalidad se observa que únicamente no aparecen diferencias significativas en las dos primeras fechas (Tablas 114 y 115).

B) Estudio de la intensidad y tonalidad colorante en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa una estabilización de la intensidad hasta el envero, momento en el que se produce un aumento continuo durante toda la maduración hasta llegar en vendimia a 2,79. En los valores de la tonalidad se observa un descenso inicial siendo

Gráfico 61.- Evolución de la intensidad y tonalidad colorante del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



más brusco en el momento del envero, a continuación y durante lo que queda de la maduración existe un ligero aumento sin alcanzar los valores de los que se partió en ningún momento; en vendimia se llega a cifras de 1,94. El test de Duncan señala que la intensidad sufre variaciones significativas entre las fechas 111-130 y la tonalidad en un intervalo más corto 111-122.

En el tratamiento de secano el proceso seguido por la intensidad es el mismo, pero con una pendiente de aumento mayor, llegando en este caso a cifras finales de 2,88. La tonalidad sigue el proceso de igual modo que en el regadío, llegando a valores finales de 1,75. Se detecta únicamente un ascenso para la intensidad y un descenso para la tonalidad claramente significativo, que coincide con el mismo intervalo de fechas 111-122 (test de Duncan).

Comparando los valores entre los dos tratamientos se comprueba que la intensidad en el secano tiene valores mayores a los del regadío, mientras que en la tonalidad ocurre al revés y las cifras en el regadío son superiores a las del secano en la mayoría de las fechas. En la evaluación de las diferencias entre tratamientos por el análisis de varianza en las distintas fechas, se observa que sólo en la fecha 122 aparecen diferencias significativas para la intensidad, mientras que en la tonalidad dichas diferencias sólo aparecen en vendimia (Tablas 114 y 115).

C) Estudio de la intensidad y tonalidad colorante en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa en las dos determinaciones una estabilización de los valores durante la fase herbácea, a partir del envero existe un rápido aumento en el caso de la intensidad y un descenso para la tonalidad, manteniéndose a continuación los valores en los dos casos con ligeras oscilaciones, llegando a alcanzar en vendimia valores de 2,19 y 1,41 respectivamente. Se observan diferencias claras entre la primera y la última fecha, existiendo semejanza entre las fechas intermedias del proceso de la maduración, tanto para la intensidad como para la tonalidad (test de Duncan).

En el tratamiento de secano el comportamiento para esas dos determinaciones es exactamente el mismo con respecto al anterior tratamiento, alcanzando en vendimia cifras de 2,58 para la intensidad y 1,55 para la tonalidad. El test de Duncan indica diferencias entre las fechas de la fase herbácea con la vendimia debido a una clara pendiente de ascenso (intensidad) o descenso (tonalidad) entre las fechas 111-123 siendo más acusada para la intensidad.

Entre ambos tratamientos se comprueba que la intensidad en todo momento de la evolución adquiere valores en el secano superiores a los del regadío, mientras que los valores de la tonalidad en el regadío y secano son muy parecidos. Para comprobar si existen diferencias

entre los dos tratamientos en las distintas fechas se realiza el análisis de varianza, observando que en la intensidad sí hay diferencias a partir del envero en todas las fechas, excepto en la de vendimia, y en la tonalidad no hay diferencias entre tratamientos en ninguna fecha, excepto en la 151 (Tablas 114 y 115).

Las curvas de la intensidad colorante en los mostos experimentan un crecimiento progresivo hasta el momento de la maduración, es decir, aumentan las absorbancias correspondientes a las dos longitudes de onda medidas, si bien la forma de las curvas de los distintos años no son muy parecidas debido a los distintos factores que inciden en las características del año. En todos los años los valores en el secano son superiores a los del regadío, debido al mayor efecto de dilución de este último tratamiento. Los compuestos que proporcionan el color al mosto se encuentran en el hollejo; éstos pigmentos van a pasar al mosto durante el proceso de prensado de la uva, produciéndose una mayor dilución cuanto mayor sea el volumen de la pulpa. En nuestro caso la relación hollejo/pulpa (Tabla 31) es mayor en el tratamiento de secano, por la menor proporción de pulpa de este tratamiento con respecto al regadío, por lo que estos compuestos van a quedar menos diluidos.

El peso de las bayas puede ser un factor de calidad, sobre todo en las uvas tintas de vinificación, ya que la fermentación se realiza en presencia de los hollejos que es donde se encuentran la mayoría de los componentes del color y del aroma (Singleton, 1972). Para este tipo de vinificación se prefieren las bayas pequeñas puesto que la relación superficie/volumen es alta, estas bayas son producidas por cepas que experimentan déficits de agua, más que las que están continuamente regadas.

La intensidad colorante medida así es un dato orientativo, puesto que los mostos no han sido previamente macerados para conseguir una extracción total de la materia colorante de los hollejos, sin embargo nos permite comparar la evolución del color en los mostos que se han obtenido bajo las mismas condiciones.

Respecto a la tonalidad en los dos tratamientos se produce a lo largo del proceso de maduración una disminución, que comienza a partir del envero y que queda estabilizada hasta prácticamente la vendimia, si bien gráficamente en 1990 no se observa un descenso tan pronunciado puesto que el momento del envero correspondería a una fecha de muestreo anterior. Cuantitativamente los valores en los dos tratamientos son superiores a la unidad, debido a que las absorbancias a 420 nm son mayores que a 520 nm, por tanto predominan los colores amarillo-

verdosos sobre todo en las fechas anteriores al envero, momento a partir del cual el aumento del contenido antociánico hace disminuir esas cifras elevadas de la tonalidad.

El hecho de que predominen esas tonalidades amarillentas es debido a que el mosto se ha obtenido por simple prensada sin dejar en contacto con los hollejos, hecho que favorecería un incremento de los colores rojos en la variedad de uva Tempranillo.

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 131), se comprueba que la intensidad colorante adquiere en los tres años unos niveles significativamente distintos entre los dos tratamientos, siendo siempre en el secano más elevados, los valores de la tonalidad no van a ser diferentes significativamente entre ambos tratamientos en 1990 y 1992 ocurriendo lo contrario en 1991 donde el regadío alcanza cifras superiores. Los valores alcanzados en las fechas de muestreo son distintas significativamente en las dos determinaciones, mientras que en el estudio de las diferencias por la interacción de los dos factores antes mencionados sólo en 1991 aparecen diferencias para la intensidad, es decir, en este año se modifica la evolución en función del tratamiento escogido, y para la tonalidad sólo en 1990 los valores son diferentes.

1.6.1.4.- Evolución de los polifenoles totales.

Los polifenoles totales en los dos tratamientos de los tres años tiene una tendencia descendente (Tabla 24, Gráficos 62 y 63).

A) Estudio de los polifenoles totales en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa un descenso rápido desde la primera fecha hasta el envero, seguido de una disminución mucho más ligera durante la maduración hasta el momento de la vendimia, al que se llega con valores de 313,7 mg/L. El test de Duncan confirma este comportamiento al señalar disminuciones significativas hasta la fecha 141, mientras que para el resto de la evolución no encuentra diferencias.

En el tratamiento de secano se observa una disminución muy rápida desde el envero con una estabilización de los valores en las cuatro últimas fechas de la maduración, hasta alcanzar en el momento de la vendimia 401,3 mg/L. El test de Duncan proporciona la misma valoración en los resultados procedentes de dicho tratamiento.

Al comparar los dos tratamientos se observa que las concentraciones de polifenoles totales en regadío son mayores a las alcanzadas en secano, excepto en el momento de la vendimia,

Gráfico 62.- Evolución de los polifenoles totales (mg/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

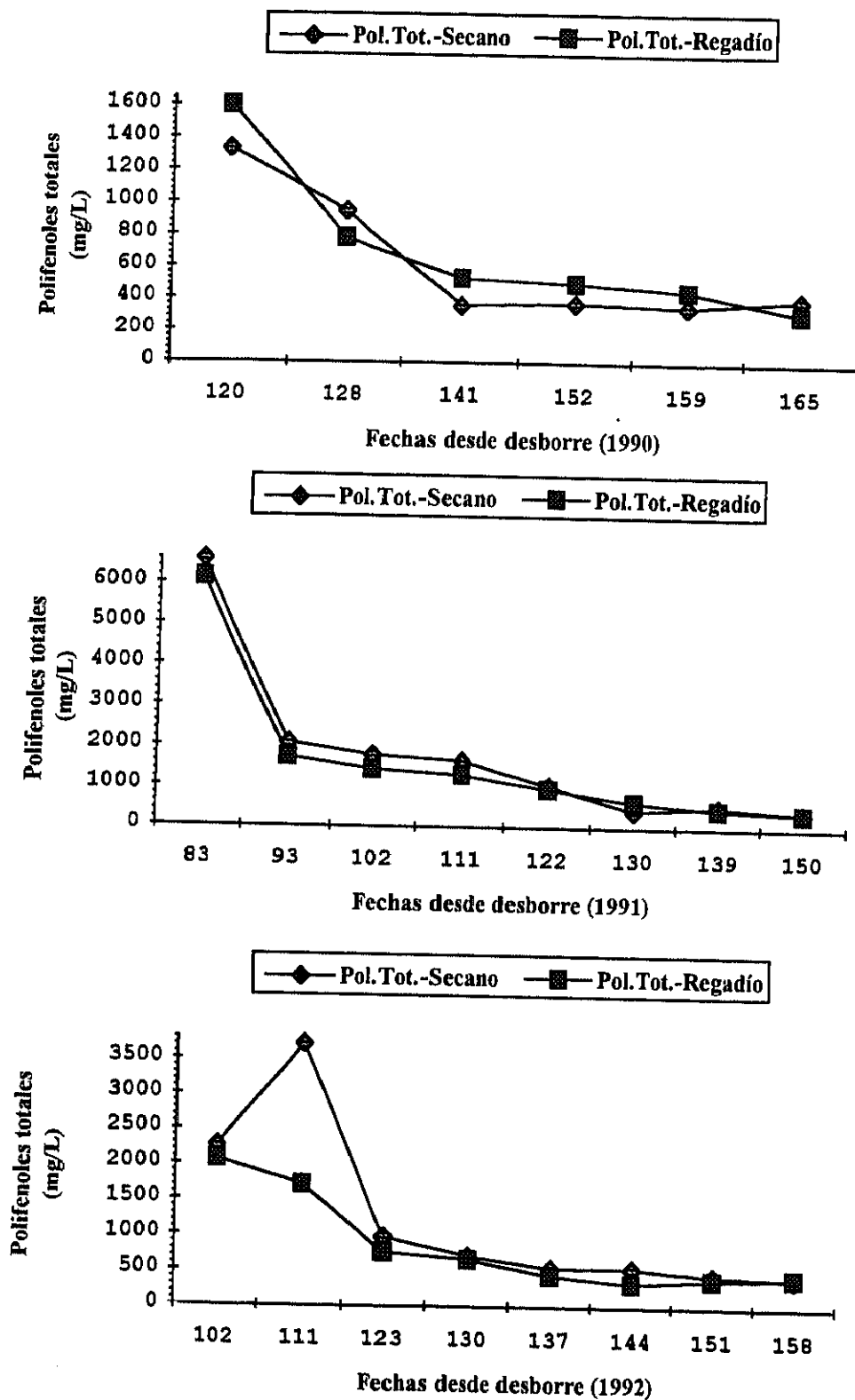
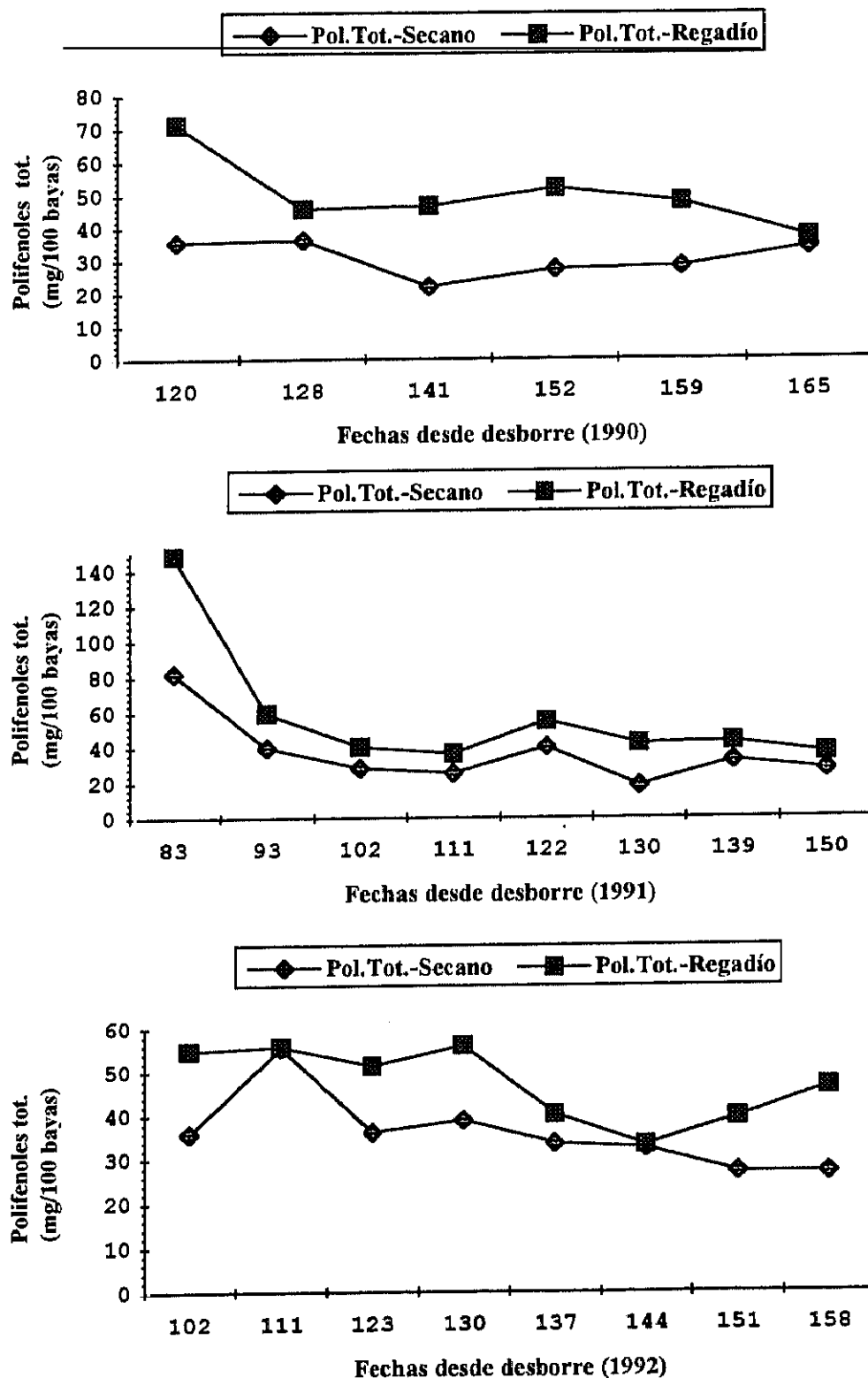


Gráfico 63.- Evolución de los polifenoles totales (mg/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



si bien las diferencias entre tratamientos a lo largo de las fechas de muestreo sólo son significativas en las fechas 141 y 152 de la maduración (Tabla 116).

B) Estudio de los polifenoles totales en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa una pendiente de disminución muy acentuada entre la primera y la segunda fecha de muestreo, que va a seguir decreciendo de una manera más suave hasta el envero, a partir del cual se produce una estabilización durante toda la maduración hasta la vendimia, alcanzando en ese momento valores de 377,9 mg/L. El test de Duncan indica que el descenso producido entre las fechas 83-93 es significativo, y hasta el final de la evolución existe igualdad de medias.

En el tratamiento de secano el proceso es exactamente el mismo, con valores finales de 400,6 mg/L. El test de Duncan señala las mismas diferencias que se encontraron en el tratamiento anterior.

Entre los dos tratamientos se comprueba que las concentraciones en el secano son mayores a las del regadío, si bien son muy similares, y por tanto el análisis de varianza manifiesta que no hay diferencias entre ambos tratamientos en ninguna fecha, excepto en el envero (Tabla 116).

C) Estudio de los polifenoles totales en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa una ligera disminución durante la fase herbácea, y a partir del envero los valores se estabilizan durante el resto del proceso hasta llegar a vendimia con 423,6 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias entre las cuatro primeras y las dos últimas fechas de la evolución.

En el tratamiento de secano el proceso es exactamente el mismo, salvo en la fecha anterior al envero, donde se produce un rápido aumento y descenso, llegando en vendimia a cifras de 419,1 mg/L. Existen diferencias significativas entre las cuatro primeras fechas y las dos últimas del muestreo (test de Duncan).

Comparando el regadío con el secano en las distintas fechas, se observa que los valores en el secano son mayores a los del regadío en todo el proceso, y en el estudio a través del análisis de varianza, se comprueba que existen diferencias únicamente en dos fechas, la correspondiente al envero y la fecha 144 después del desborre (Tabla 116).

Se puede considerar que los polifenoles totales del mosto, que engloban entre el 90-95% de las sustancias que absorben a 280 nm, tienen un comportamiento muy similar a lo largo de los tres años en los dos tratamientos, que se caracteriza por un descenso considerable de las concentraciones hasta el envero, permaneciendo a partir de esa fecha prácticamente constantes hasta la vendimia. Este mismo comportamiento ha sido observado por otros autores como Junquera (1990), Singleton (1966) y Crippen y Morrison (1986) al trabajar con distintas variedades de uva y comprobar una disminución en la concentración de polifenoles desde la floración hasta la vendimia con un máximo en el momento del envero.

Al analizar la síntesis de compuestos polifenólicos (mg/100 bayas) que se ha producido a lo largo de la maduración, se confirma que durante la fase herbácea en los dos tipos de tratamientos las cantidades son elevadas y disminuyen hasta la fecha del envero, manteniendo durante el resto de la maduración los valores más o menos constantes, con algunas oscilaciones que pueden ser debidas a la participación de los compuestos fenólicos en muchos procesos fisiológicos y a su consiguiente distribución por el resto de la planta. En los tres años la cantidad de estos compuestos por baya en regadío es mayor que en seco, siendo en 1990 cuando se destacan mayor número de diferencias significativas entre tratamientos, mientras que en 1991 y 1992 no aparecen en la mayoría de las fechas.

Las cantidades por baya a lo largo de la maduración permanecen constantes tanto en el tratamiento de seco como en regadío, y esto se refleja en las disminuciones de polifenoles totales en las curvas de concentración (mg/L), esto es el resultado del efecto de dilución causado por el crecimiento de la baya. Se observa que los valores de concentración en los dos tratamientos están muy próximos debido principalmente a que en el regadío se compensan los dos efectos: las cantidades ligeramente superiores con el efecto de dilución mayor respecto al seco.

Singleton (1966) estudió la evolución de los compuestos fenólicos (expresado en ácido gálico) durante el proceso de maduración en 12 variedades de uva, encontrando un incremento de la cantidad por baya aproximadamente durante un mes después del envero, permaneciendo posteriormente constantes los niveles, mientras que la concentración (mg/g) disminuía a lo largo de la estación de crecimiento de la baya, como resultado de un incremento elevado en el tamaño de la misma que diluye y enmascara la acumulación o síntesis relativamente baja de las sustancias fenólicas. Singleton y Essau (1969) observaron que los cambios en los fenoles totales durante la maduración de las bayas eran erráticos y bruscos en periodos cortos de tiempo.

concluyendo que esos cambios eran debidos más a factores climatológicos que a factores propios de la maduración.

Crippen y Morrison (1986) observaron en los tratamientos que ensayaron que los fenoles totales (expresados en cantidad por baya), eran significativamente superiores en las bayas expuestas a radiación solar que las sombreadas, mientras que si esos datos los expresaban en concentración el mayor contenido de los polifenoles totales se enmascaraba por un peso de bayas superior.

En el análisis factorial, tratamiento y fecha (Tabla 131), se comprueba que los polifenoles totales acumulados a lo largo de la evolución serán distintos en función de la fecha que se trate, y únicamente van a ser diferentes entre tratamientos en 1992. Estudiando la interacción de los dos factores sobre los valores de los polifenoles se comprueba que sólo en 1992 son diferentes significativamente.

1.6.1.5.- Evolución de los antocianos totales.

Los antocianos totales en los dos tratamientos y durante los tres años tienen una tendencia ascendente (Tabla 25, Gráficos 64 y 65).

A) Estudio de los antocianos totales en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa un aumento inicial rápido seguido de una estabilización de los valores durante el resto de la maduración hasta llegar en vendimia a 12,1 mg/L. El test de Duncan indica que no existen diferencias significativas apreciables para los antocianos totales entre las fechas estudiadas.

En el tratamiento de secano el proceso es muy parecido, con un mantenimiento de los valores hasta alcanzar en vendimia cifras de 4,1 mg/L. El test de Duncan no indica diferencias entre los valores alcanzados a lo largo del periodo de muestreo como ocurría anteriormente.

Comparando ambos tratamientos se observa cómo los valores en el regadío son claramente superiores a los de secano, y por tanto las diferencias entre tratamientos en las distintas fechas son significativas excepto en las dos últimas fechas (Tabla 117).

B) Estudio de los antocianos totales en el mosto de uva en 1991.

Gráfico 64.- Evolución de los antocianos totales del mosto (mg/L) obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

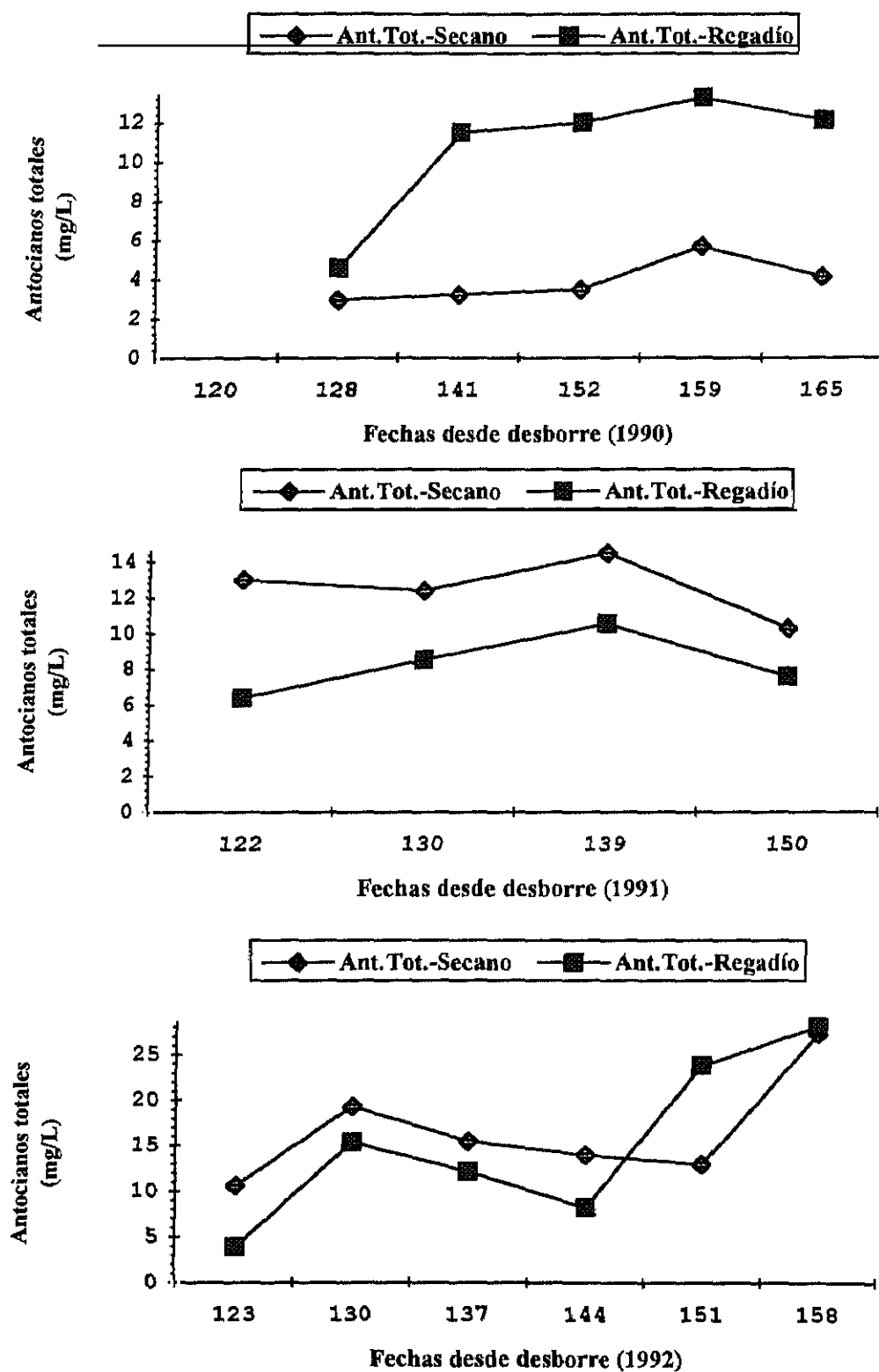
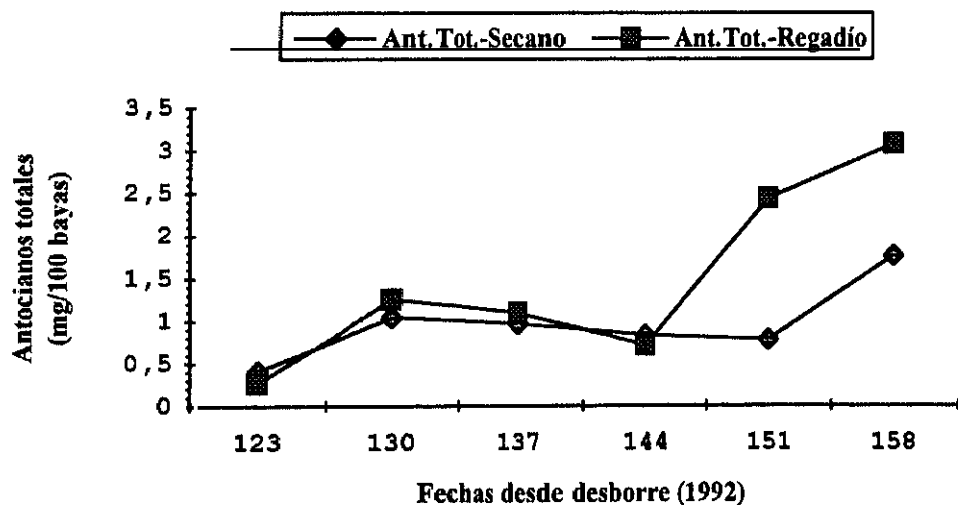
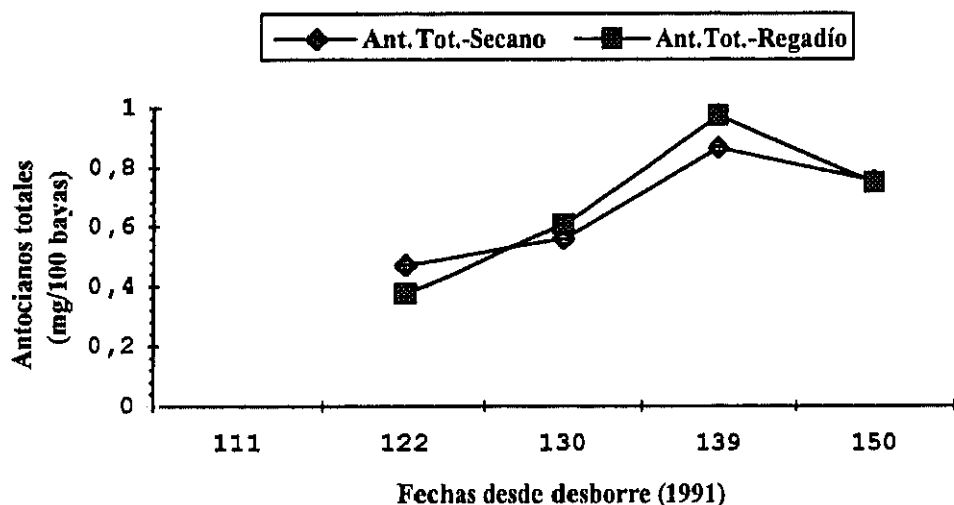
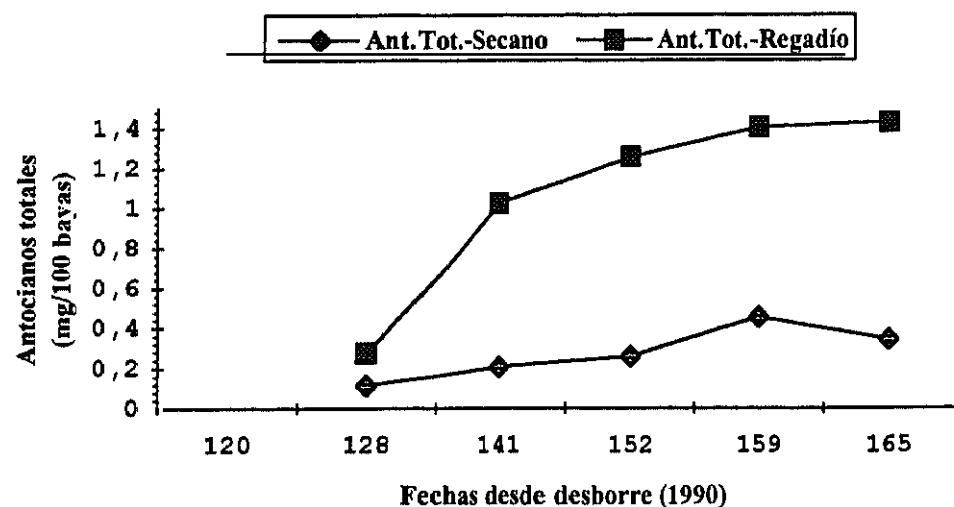


Gráfico 65.- Evolución de los antocianos totales del mosto (mg/100 bayas) obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



En el tratamiento de regadío se observa una estabilización de los valores hasta justo el momento anterior a la vendimia que es cuando se produce una disminución de los datos hasta 7,6 mg/L. El test de Duncan indica diferencias significativas entre la fecha 122 y las tres últimas.

En el tratamiento de secano el comportamiento es paralelo, llegando a valores al final de la maduración de 10,3 mg/L. El test de Duncan no muestra diferencias en ninguna de las fechas.

Al comparar los tratamientos se observa que los valores en el secano son mayores a los de regadío en todo momento, si bien las posibles diferencias entre tratamientos a lo largo de la maduración no son estadísticamente diferentes en ninguna fecha (Tabla 117).

C) Estudio de los antocianos totales en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa un crecimiento inicial desde el momento del envero, seguido de una disminución y un posterior aumento rápido que va a continuar hasta el final de la maduración con valores en vendimia de 28,1 mg/L. Al estudiar las variaciones entre las fechas se observa que los incrementos significativos se producen entre la primera y las dos últimas fechas manteniéndose igualadas durante el resto de las fechas de la maduración (test de Duncan).

En el tratamiento de secano el proceso seguido es el mismo, alcanzando en el momento de la vendimia valores de 27,3 mg/L. El test de Duncan muestra que las variaciones hasta la fecha 151 no son significativas.

Comparando los dos tratamientos se comprueba que los valores analíticos del secano son superiores a los del regadío, hasta la fecha anterior a la vendimia, momento en que se invierte la superioridad del tratamiento; en este año no existen diferencias significativas en ninguna fecha, excepto en la primera (Tabla 117).

La evolución de los antocianos totales del mosto a lo largo de la maduración no manifiesta una clara tendencia, si bien se aprecia por un ligero ascenso que se va a mantener hasta el momento de la vendimia. Los valores se modifican según el año que se trate, aunque en el tratamiento de secano suelen alcanzarse concentraciones más altas que en el regadío, salvo en 1990. Si se observa la cantidad de antocianos por baya (mg/100 bayas), se comprueba que se produce un progresivo aumento con una estabilización final o con ligeras disminuciones justo antes de la vendimia según los años. Estos valores suelen ser superiores en el regadío, existiendo mayores diferencias significativas entre ambos tratamientos en 1990 que en 1991 y en 1992.

En los dos tratamientos las cantidades de antocianos presentes en el mosto debido a la cesión desde el hollejo durante el proceso de prensado, favorece que las concentraciones de antocianos (mg/L) en el secano sean mayores (salvo en el primer año), esa superioridad es debido a que el tamaño de baya es menor respecto al regadío y compensa mejor el efecto de dilución propio del crecimiento de la baya. Es importante conocer este parámetro en los hollejos que son los que almacenan estos compuestos y pasarán posteriormente por maceración al mosto.

Crippen y Morrison (1986) observaron que tanto la concentración de antocianos totales como su contenido por baya, aumentan rápidamente después del envero, y en los dos casos son significativamente superiores los valores en las bayas expuestas que en las sombreadas, sin embargo las bayas expuestas tienen una concentración significativamente menor sólo en el momento de la vendimia.

En el análisis de varianza para dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 131), se observa que en los dos primeros años los valores van a ser distintos significativamente, siendo en 1990 los valores procedentes del regadío superiores y ocurriendo lo contrario en el año siguiente; mientras que en 1992 no existieron diferencias significativas. En 1991 es el único año en que los valores de los antocianos no varían en función de la fecha y los valores alcanzados por la interacción de estos factores no son distintos significativamente en ningún año.

1.6.1.6.- Evolución de los taninos totales.

Los taninos totales en los dos tratamientos de los tres años tienen una tendencia ascendente (Tabla 26, Gráficos 66 y 67).

A) Estudio de los taninos totales en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento de regadío se observa durante el proceso de maduración un aumento inicial con una posterior estabilización hasta llegar en vendimia a 836,5 mg/L. El test de Duncan expresa diferencias entre las tres primeras fechas.

En el tratamiento de secano la evolución se inicia con una estabilización, seguida de un aumento continuado de estos compuestos hasta el final de la maduración, donde se alcanzan cifras de 673,5 mg/L. El test de Duncan indica diferencias significativas entre las primeras fechas.

Gráfico 66.- Evolución de los taninos totales (mg/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

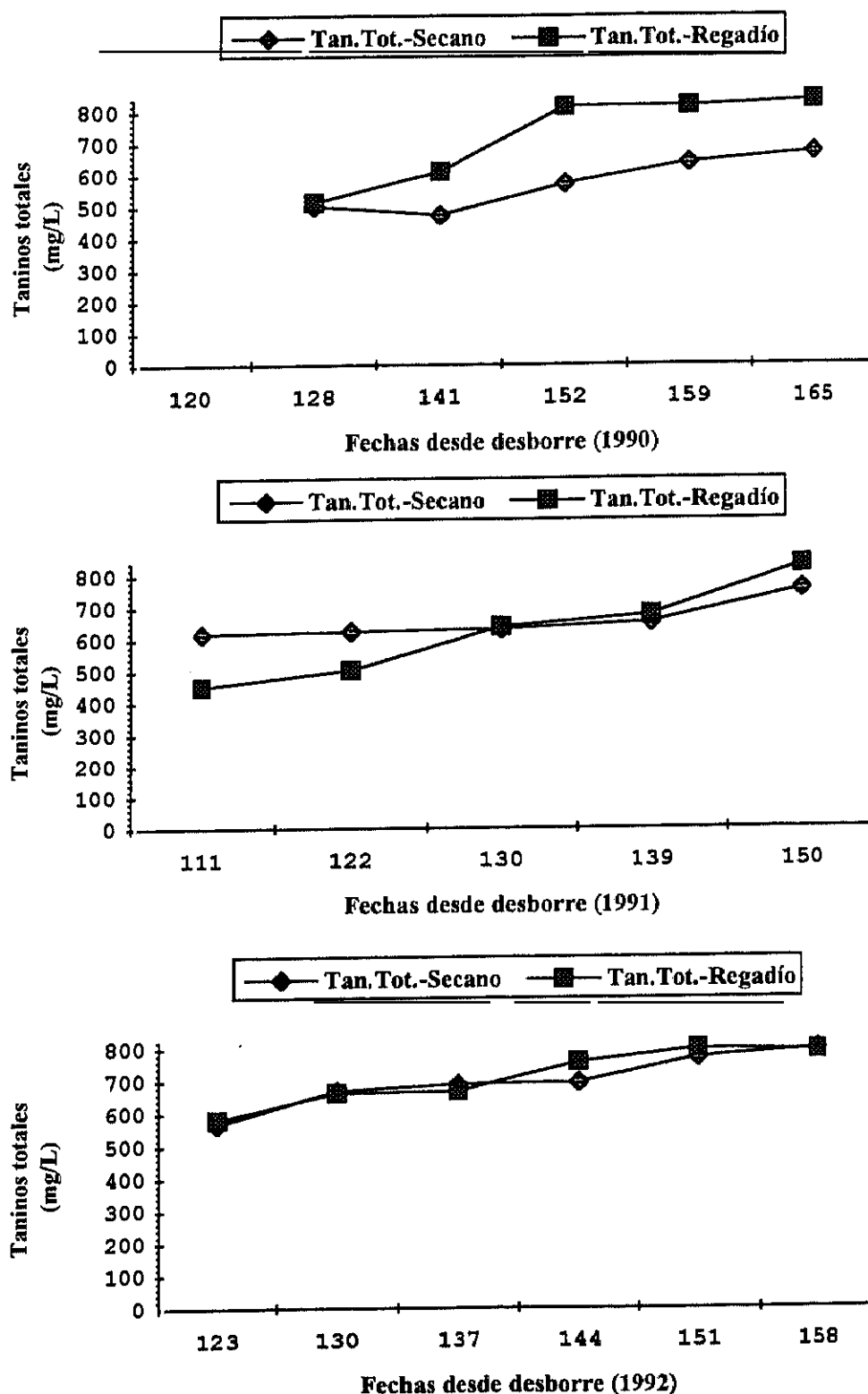
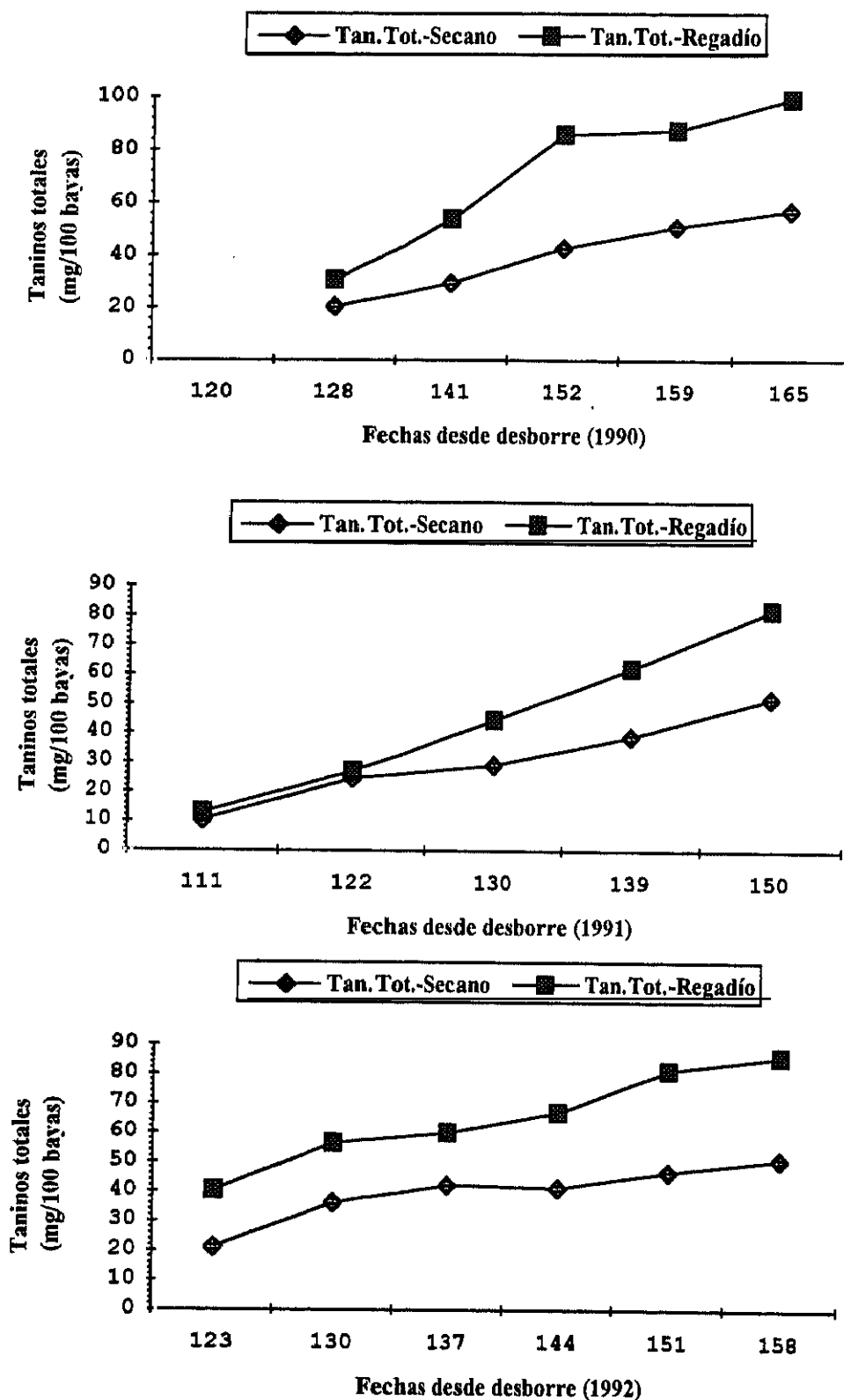


Gráfico 67.- Evolución de los taninos totales del mosto (mg/100 bayas) obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hidricas.



Entre los dos tratamientos se observa que los valores en el regadío son mayores a los del secano en todo momento, y el análisis de varianza confirma las diferencias entre tratamientos en las distintas fechas de muestreo excepto en la 128 (Tabla 118).

B) Estudio de los taninos totales en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento de regadío se observa un inicial crecimiento, que va a ser más pronunciado a partir de la segunda fecha, finalizando con valores de 833,3 mg/L. Se observan diferencias entre las dos primeras fechas con las siguientes (test de Duncan).

En el tratamiento de secano se observa una práctica estabilización de los valores durante todo el proceso hasta el momento anterior a la vendimia que se produce un aumento hasta llegar a concentraciones finales de 757,0 mg/L. El test de Duncan indica diferencias entre las cuatro primeras y la última fecha.

Los valores en el regadío empiezan siendo inferiores pero superan a los de secano al final del proceso de la maduración. A través del análisis de varianza se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las fechas (Tabla 118).

C) Estudio de los taninos totales en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa un crecimiento continuo hasta el final de la maduración, estabilizándose los contenidos en las últimas fechas y llegando en vendimia a 791,0 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias entre las tres primeras fechas respecto a las tres siguientes.

En el tratamiento de secano el comportamiento es igual al anterior, los valores finales son de 795,0 mg/L. El test de Duncan indica diferencias claras entre la primera fecha y la última, existiendo en el resto una similitud entre las medias en estas fechas a pesar del aumento moderado.

Los valores en el regadío son inferiores a los del secano si bien a partir de la fecha 144 de la maduración van a ser superados, sin embargo el análisis de varianza entre tratamientos no manifiesta diferencias significativas en ninguna fecha (Tabla 118).

El perfil de las curvas de evolución presenta ciertas diferencias en los distintos años pero tienen en común el mantenimiento de los valores a lo largo del proceso de maduración, es decir, durante este periodo se favorece la polimerización de los fenoles en el mosto que es una reacción

responsable de la pérdida de astringencia de los frutos al madurar. En el estudio de la presencia de taninos por baya (mg/100 bayas) se comprueba de forma manifiesta que en todos los años las cantidades en el regadío son superiores a las del secano, existiendo diferencias significativas en todas las fechas en 1990 y 1992 entre los dos tratamientos, mientras que en 1991 sólo se manifiestan en los momentos finales. A pesar de esa síntesis superior en el regadío, las concentraciones analizadas (mg/L) entre ambos tratamientos son muy parecidas, debido al efecto de dilución mayor en el regadío que aproxima los valores.

En el análisis factorial, de tratamiento y fecha (Tabla 131), se comprueba que los datos de taninos totales sólo son diferentes en función del tratamiento en el año 1990 siendo en el regadío más elevados, además a lo largo de las distintos momentos de muestreo los valores alcanzados sí son distintos. Al observar cómo afecta la interacción de esos dos factores se deduce que en 1990 y 1991 aparecen diferencias significativas.

1.6.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.

1.6.2.1.- Evolución de la intensidad y tonalidad.

La intensidad colorante en los dos tratamientos durante los tres años tiene una tendencia ascendente, al contrario que la tonalidad que es descendente (Tablas 68 y 69, Gráfico 68).

A) Estudio de la intensidad y tonalidad colorante en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa desde el momento inicial un aumento rápido de la intensidad hasta la fecha 141 de la maduración, seguido de una estabilización posterior hasta la vendimia, fecha a la que se llega con valores de 2,11. Respecto a la tonalidad se observa una ligera disminución inicial seguido de una estabilización de los valores y mantenimiento de los mismos hasta llegar en vendimia a 1,58. El test de Duncan explica esta evolución indicando para la intensidad variaciones significativas entre las fechas 128 y 141, mientras que para la tonalidad tiene lugar entre las fechas 120 y 128.

En el tratamiento en espaldera el comportamiento es el mismo tanto para la intensidad como la tonalidad colorante, teniendo en cuenta que en estos parámetros los valores alcanzados en las tres primeras fechas son superiores en el vaso, acercándose a medida que avanza la maduración, llegando a cifras finales de 1,91 y 1,62 respectivamente. El test de Duncan

puntualiza aquellos momentos en los que se originan diferencias significativas en la evolución de dichos parámetros.

Al comparar ambos tratamientos se observa que los valores de la intensidad en el tratamiento en vaso van a ir aumentando progresivamente hasta sobrepasar a los de la espaldera incluso en el momento de la vendimia aunque con diferencias muy pequeñas; mientras que los valores de la tonalidad en la espaldera son mayores a los del vaso en todas las fechas, excepto en dos que están próximas a la vendimia, y en las que el vaso es sólo ligeramente superior. En el estudio de las diferencias de los valores de la intensidad y tonalidad entre los dos tratamientos por el análisis de la varianza, se comprueba que no hay ninguna fecha con diferencias para la intensidad ni tampoco para la tonalidad excepto en la 128 (Tablas 114 y 115).

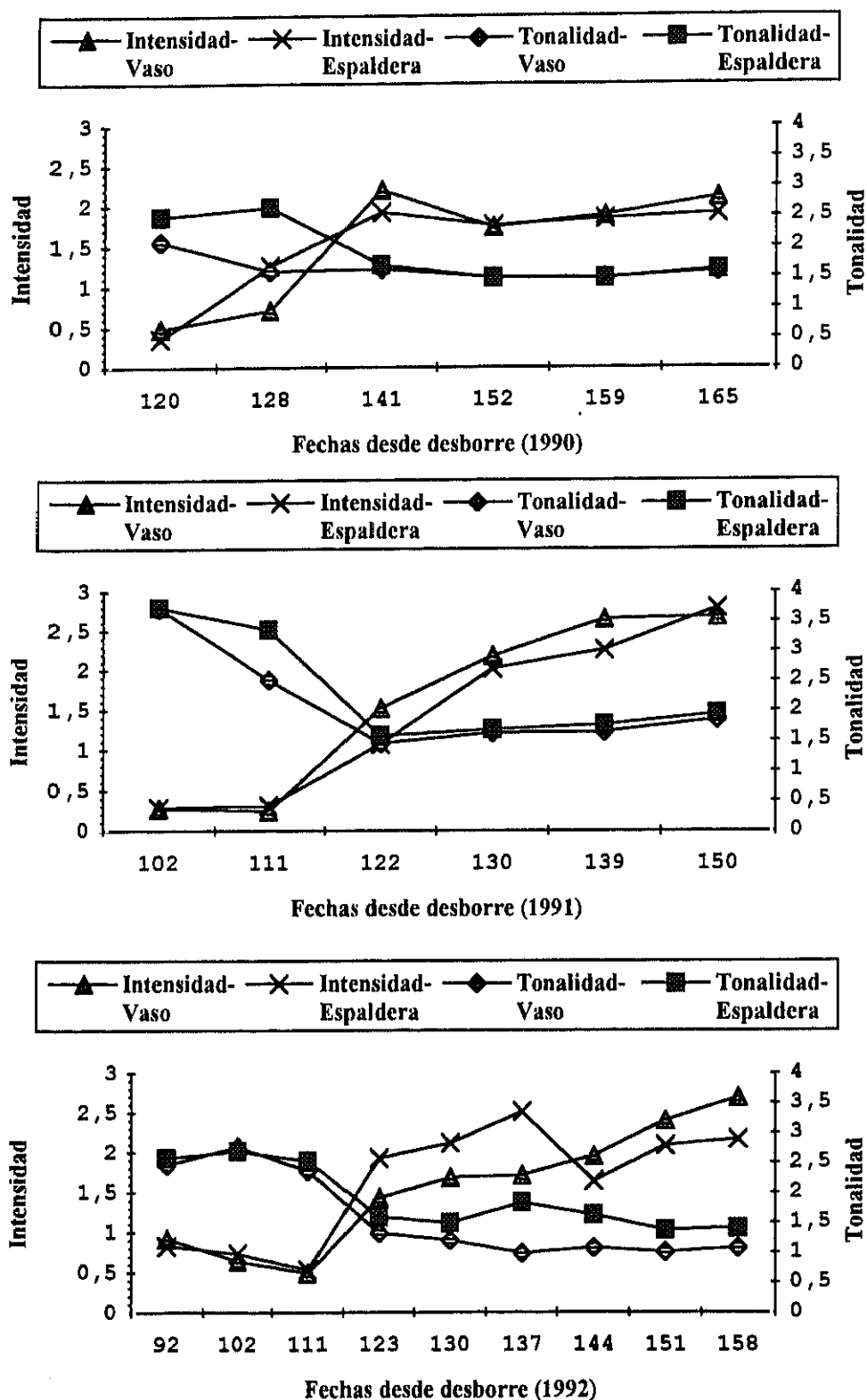
B) Estudio de la intensidad y tonalidad colorante en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se observa una estabilización inicial de la intensidad durante la fase herbácea hasta el envero, seguido de un aumento continuo durante toda la maduración, llegando a la vendimia con valores finales de 2,68. En relación a la tonalidad se observa una disminución rápida y con una pendiente muy acusada desde la fase herbácea hasta la primera fecha del proceso de maduración, momento en el que se estabilizan los valores hasta llegar en vendimia a 1,85. El test de Duncan indica diferencias para la intensidad entre las fechas 111 y 122, existiendo igualdad de medias entre las tres últimas fechas de la maduración, mientras que para la tonalidad las diferencias se manifiestan entre las fechas de la fase herbácea y las de la maduración.

En el tratamiento en espaldera el comportamiento seguido por la intensidad y tonalidad es el mismo que en el tratamiento en vaso, llegando a valores finales para esos dos parámetros de 2,79 y 1,94 respectivamente. El test de Duncan señala diferencias para la intensidad entre las fechas 122 y 130, mientras que para la tonalidad las diferencias se encuentran entre las fechas de la fase herbácea y el resto de las fechas de maduración.

Comparando los dos tratamientos se observa que los valores de la intensidad en el vaso son superiores a los de la espaldera a partir del envero y en toda la maduración, excepto en el momento de la vendimia; mientras que en el caso de la tonalidad los valores en la espaldera son mayores a los del vaso en todo el proceso. Al aplicar el análisis de varianza para conocer las variaciones entre tratamientos se comprueba que para esas dos variables no existe ninguna fecha con diferencias significativas (Tablas 114 y 115).

Gráfico 68.- Evolución de la intensidad y tonalidad colorante del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



C) Estudio de la intensidad y tonalidad colorante en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa una inicial disminución hasta el envero, momento en el que se produce un aumento con una pendiente no muy acusada, seguido de un mantenimiento de los valores con un ligero ascenso durante la maduración hasta llegar a vendimia a 2,69. Respecto a la tonalidad se observa una estabilización de los valores hasta el envero, momento en el que se inicia una disminución acentuada a la que sigue una estabilización durante todo el proceso de maduración para terminar en vendimia en 1,08. El test de Duncan confirma esta evolución ya que indica en el caso de la intensidad incrementos significativos entre las fechas 111 y 123, y en el caso de la tonalidad señala diferencias entre las fechas anteriores al envero con el resto de la maduración.

En el tratamiento en espaldera el proceso seguido por la intensidad es igual al del vaso salvo que en la fecha 137 de la maduración se produce un descenso pero en seguida continúa el aumento hasta vendimia, finalizando en 2,17. La tonalidad en el tratamiento en espaldera sigue el mismo comportamiento que el vaso, llegando al final de la maduración a 1,41. El test de Duncan indica diferencias entre las fechas anteriores al envero con las del resto del proceso de maduración para las dos variables estudiadas.

Comparando los valores alcanzados por los dos tratamientos se comprueba que la intensidad en la espaldera tiene cifras superiores a las del vaso en la mayor parte del proceso hasta tres fechas antes de la vendimia, momento en el que son superadas por el vaso; mientras que en la tonalidad los valores en espaldera son mayores a los del vaso durante todo el proceso. El estudio por el análisis de varianza considera que la intensidad no difiere entre tratamientos a lo largo de la evolución excepto en las fechas 137 y 151, y que en la tonalidad no aparecen diferencias hasta la fecha 137 de la maduración (Tablas 114 y 115).

La intensidad colorante es el resultado de la suma de las densidades ópticas a 520 y 420 nm (Tablas 66 y 67), mientras que la tonalidad es el cociente de las absorbancias a esas dos longitudes de onda. Tanto las densidades ópticas a 520 nm como a 420 nm van a aumentar durante toda la maduración (Gráficos 69 y 70) en los dos tipos de tratamientos, si bien los valores de las absorbancias a 420 nm son superiores en cualquiera de esos casos a las de 520 nm, por lo que los valores de la tonalidad son superiores a la unidad. Las diferencias de las densidades ópticas entre tratamientos, estudiadas por el análisis de varianza, se caracterizan porque en los

Gráfico 69.- Evolución de la densidad óptica a 520 nm del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

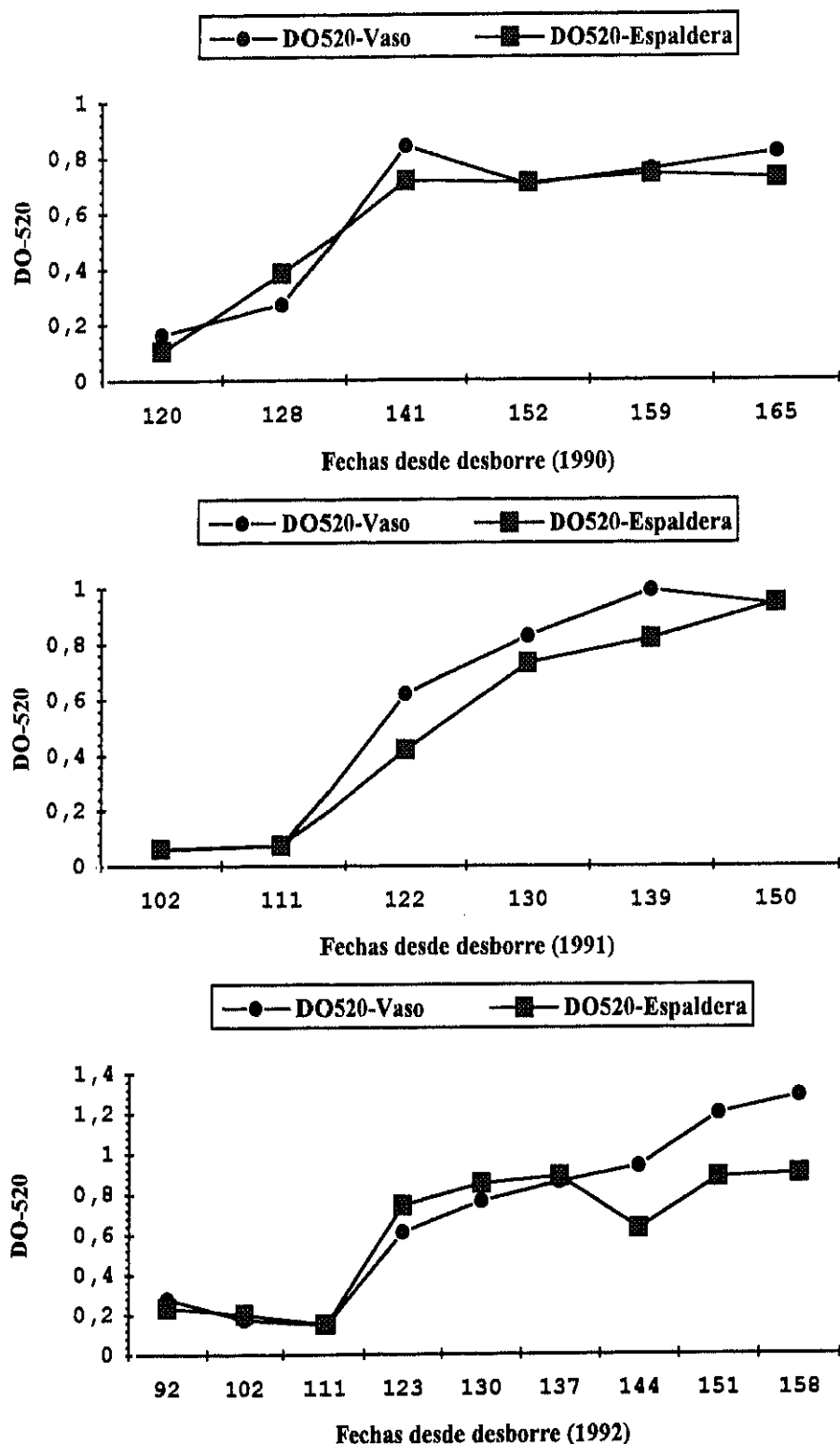
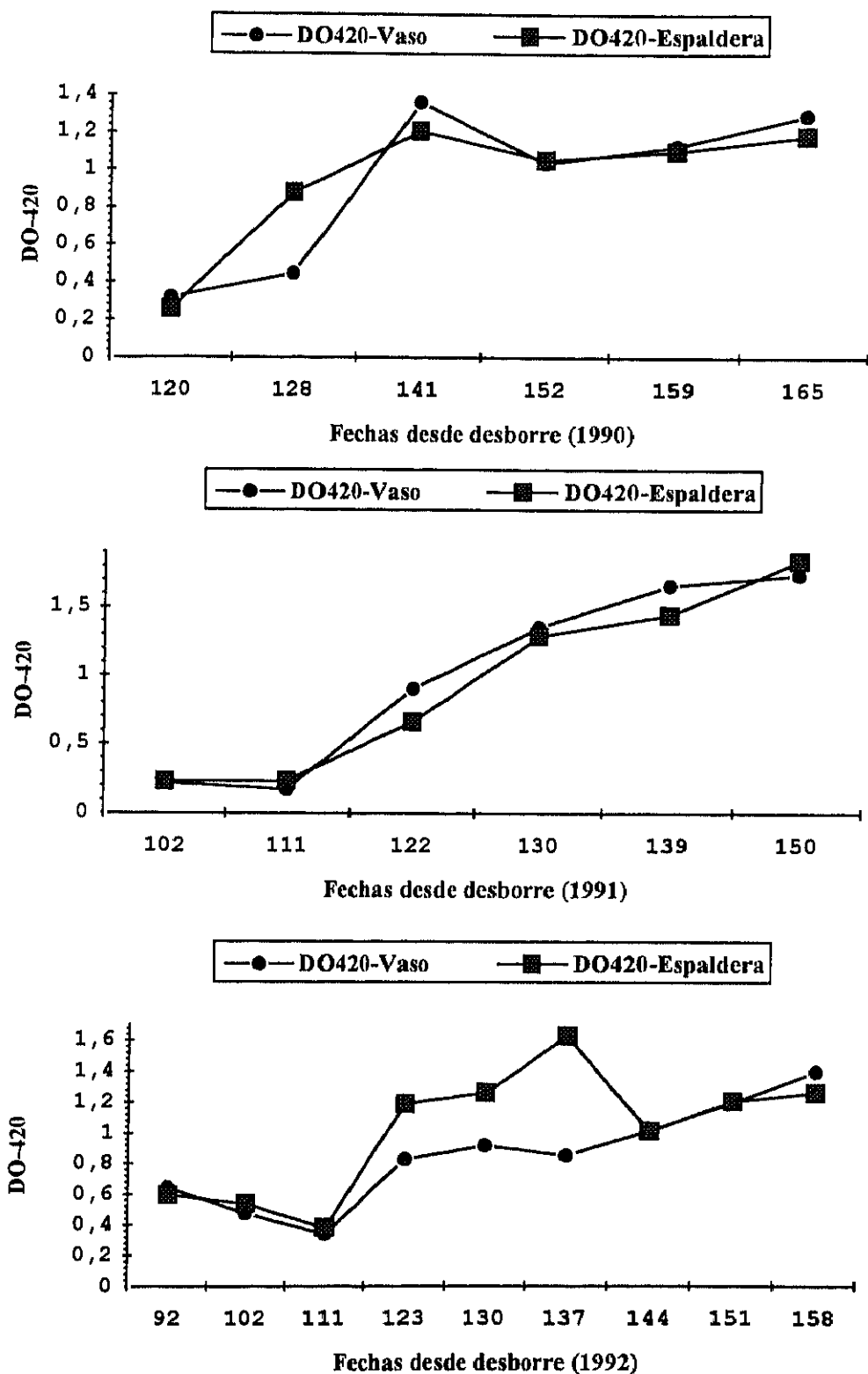


Gráfico 70.- Evolución de la densidad óptica a 420 nm del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



tres años prácticamente no existen en ninguna fecha y únicamente a 520 nm se observan en las tres últimas fechas (Tablas 112 y 113). Así se comprueba que sólo en 1992 aparecen diferencias en los valores adquiridos en función del tratamiento elegido, además de existir interacción entre el tratamiento y la fecha en los valores conseguidos a lo largo de la evolución (Tabla 133). Los valores en vendimia están comprendidos entre 0,82-1,29 (520 nm) y entre 1,19-1,84 (420 nm) siendo superiores los valores de las dos absorbancias en los años 1990 y 1992 en el vaso que en la espaldera y muy próximos en 1991, por tanto las intensidades colorantes son superiores en el vaso que en la espaldera.

Esas medidas realizadas en el mosto van a estar influidas por la cantidad de materia colorante presente en el hollejo y que ha pasado en el prensado de las uvas al mosto, y por la dilución debida al tamaño de las bayas. El peso de las bayas en el vaso es superior al peso en espaldera, por tanto debe existir una mayor cantidad de pigmentos sintetizados en el vaso que compense ese efecto de dilución, si bien no existen diferencias significativas en el peso de las bayas. Existen mayores diferencias en cuanto a los valores de la intensidad que a los de la tonalidad entre los dos tratamientos, si bien en el caso de la intensidad las cifras se aproximan al final del proceso de la maduración, existiendo mayores diferencias entre las fechas intermedias.

Zoecklein y col. (1992) estudian cómo afecta la diferente iluminación de los racimos sobre la coloración de las uvas pertenecientes a la variedad Chardonnay, debido a la eliminación de las hojas (defoliación) que producen sombreado sobre los racimos, si bien estos autores no apreciaron diferencias significativas en el valor de la tonalidad o intensidad del mosto debido a esa mayor iluminación. Cuanto más tiempo estén sombreados los racimos menor coloración se alcanza; así los sistemas de conducción que permitan mayor iluminación, por la distribución de los tallos en el espacio o por la ordenación de la superficie foliar, favorecen mayores intensidades colorantes, si bien es necesario vigilar que no se produzca un calentamiento excesivo que queme las bayas y que origine una disminución del color. Si la defoliación se practica antes del envero se minimiza ese problema, aunque las condiciones macroclimáticas y la variedad, tienen una gran influencia en ese proceso.

El color medido en el mosto nos da idea de la rapidez de desarrollo del color en las bayas pero no necesariamente de la intensidad final del color que permanecerá en ese mosto.

El análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 133) durante los tres años, explica que los valores de la intensidad no son distintos en ningún año en función del tratamiento elegido, si bien en la tonalidad los valores en 1991 y 1992 sí son diferentes, alcanzando en los dos casos

la espaldera valores acumulados superiores; además los valores de las fechas en esos dos parámetros varían según el año que se trate. En este análisis se comprueba que para la intensidad sólo en 1992 los valores son diferentes por la interacción de ambos factores y en el caso de la tonalidad ocurre en 1990 y 1992.

1.6.2.2.- Evolución de los polifenoles totales.

Los polifenoles totales en los dos tratamientos de los tres años tiene una tendencia ascendente (Tabla 70, Gráficos 71 y 72).

A) Estudio de los polifenoles totales en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa una disminución durante todo el proceso de maduración, siendo más acusada en las dos primeras fechas, llegando en vendimia a valores de 458,2 mg/L. El test de Duncan confirma esta evolución existiendo diferencias entre las tres primeras fechas, mientras que en las cuatro finales del proceso de maduración se aprecia igualdad de medias.

En el tratamiento en espaldera el proceso seguido es exactamente el mismo, llegando al final del proceso de maduración a valores inferiores a los del vaso, 313,7 mg/L. El test de Duncan indica las mismas diferencias que en el tratamiento en vaso.

Entre ambos tratamientos se observa una similitud de los valores, esto se puede comprobar en el análisis de varianza que indica que no existen diferencias entre tratamientos en ninguna fecha excepto en la de la vendimia (Tabla 116).

B) Estudio de los polifenoles totales en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se produce una disminución muy brusca en la primera fecha seguido durante el resto del proceso, herbáceo y de maduración, de una disminución más suave y ligera, alcanzando valores finales de 548,2 mg/L. El test de Duncan explica las diferencias entre las dos primeras fechas con el resto de las fechas, si bien existe semejanza entre las cuatro últimas y entre las tres que siguen al primer muestreo.

En el tratamiento en espaldera el comportamiento es exactamente el mismo, llegando en vendimia a cifras de 377,9 mg/L. El test de Duncan indica las mismas diferencias que en el tratamiento en vaso.

Gráfico 71.- Evolución de los polifenoles totales (mg/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

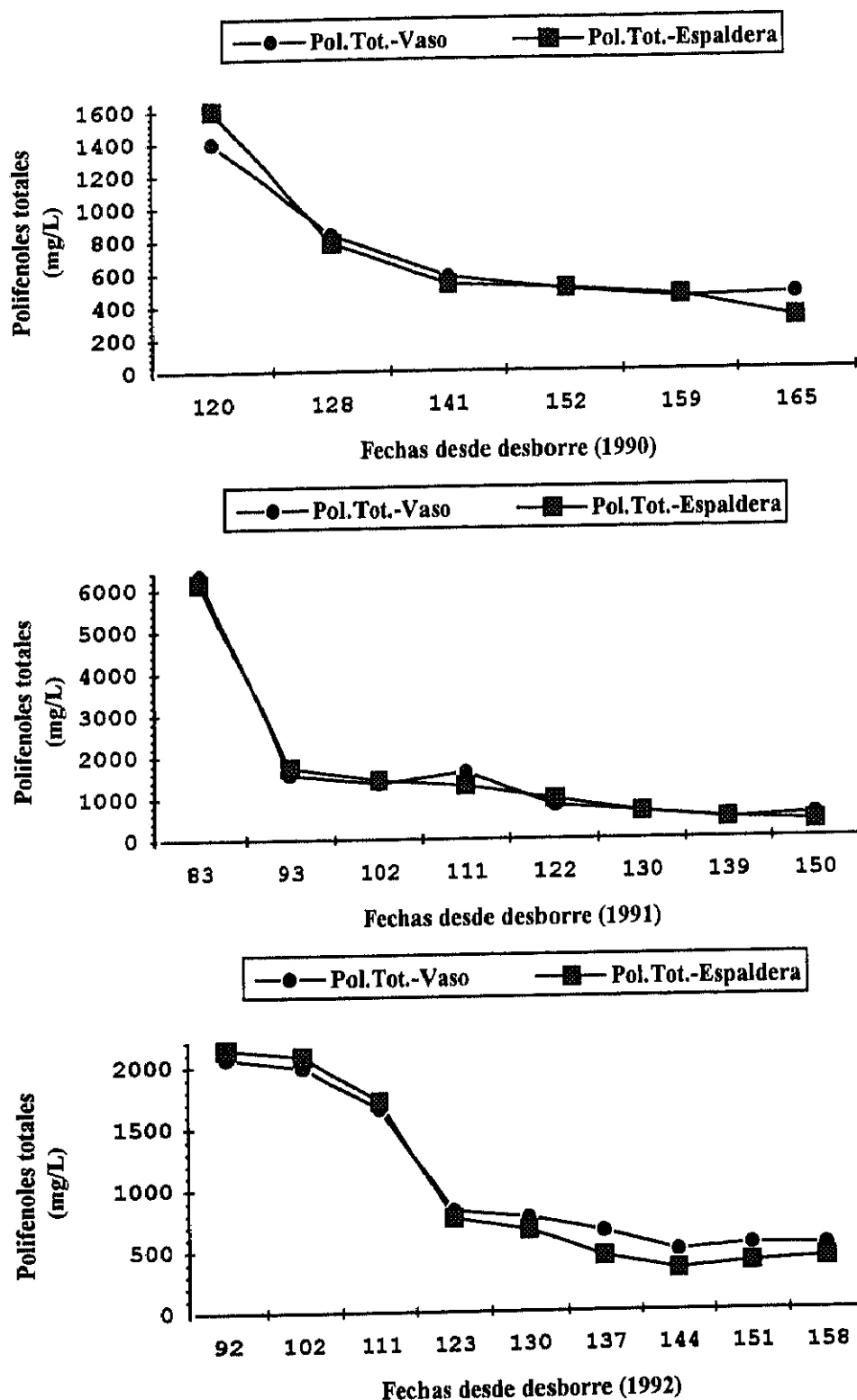
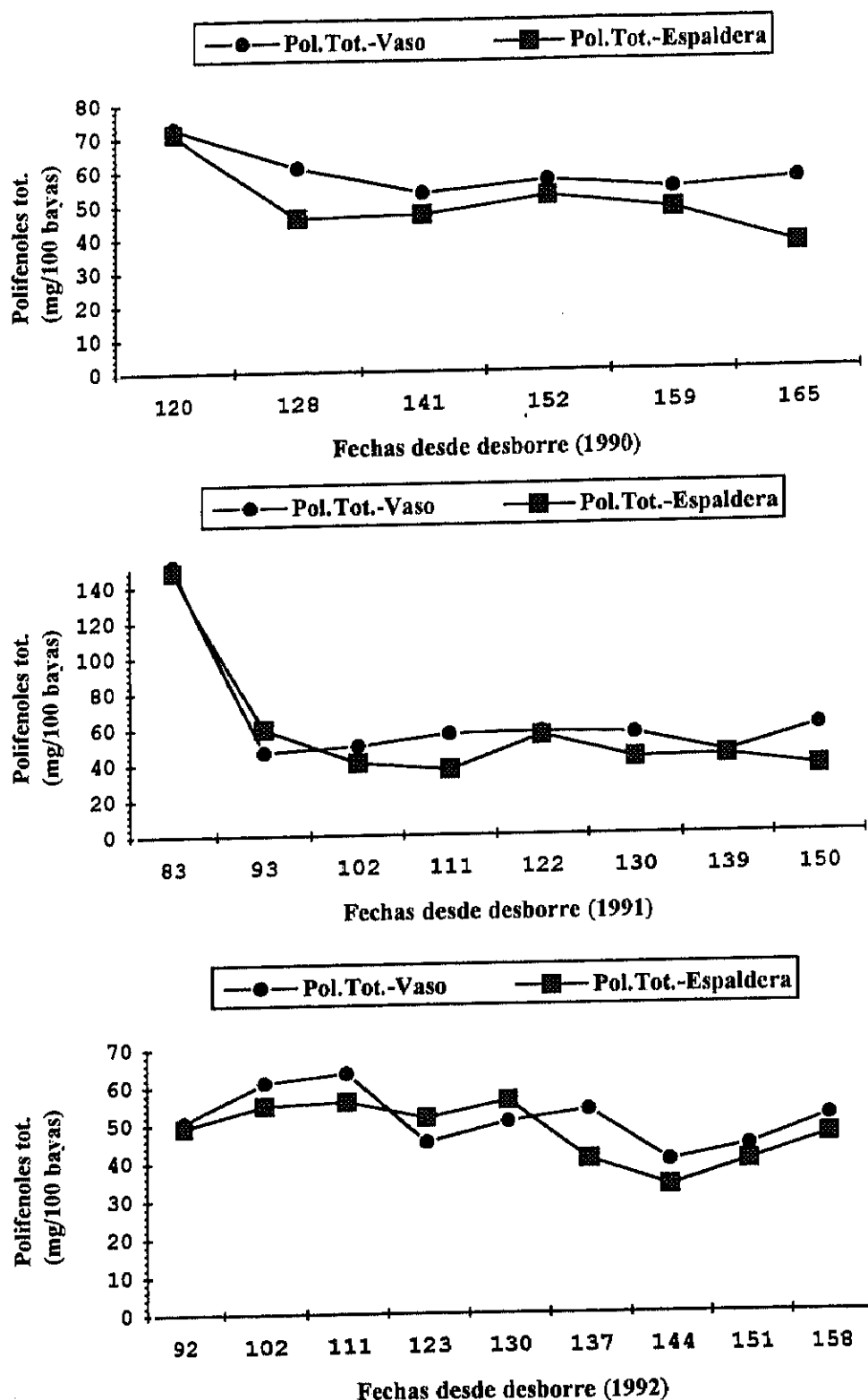


Gráfico 72.- Evolución de los polifenoles totales (mg/100 bayas) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



Los valores en espaldera suelen ser mayores a los del vaso aunque muy próximos entre sí, de modo que en el estudio de las diferencias entre tratamientos se comprueba que no existe ninguna fecha con diferencias significativas (Tabla 116).

C) Estudio de los polifenoles totales en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso el proceso se inicia con una disminución que es muy pronunciada en los momentos anteriores al envero, momento en el que se inicia una estabilización de valores y que continúa hasta el final de la maduración, llegando en vendimia a 527,2 mg/L. El test de Duncan señala diferencias entre las tres primeras fechas hasta el envero y semejanzas en las medias de las tres fechas que siguen al envero y entre las tres últimas fechas.

En el tratamiento en espaldera el modelo seguido va a ser el mismo que en el vaso, como en años anteriores, con valores en vendimia de 423,6 mg/L. El test de Duncan indica diferencias fundamentalmente entre las tres fechas del periodo herbáceo con el resto de las fechas de la maduración.

En este año los valores del vaso superan a los de la espaldera a partir del envero hasta vendimia si bien los valores son muy próximos entre sí. En el estudio de las diferencias entre tratamientos se observa que al igual que otros años no existe ninguna fecha con diferencias, excepto la 144 de la maduración (Tabla 116).

A lo largo de la maduración las concentraciones de los polifenoles en el mosto (mg/L) en cualquiera de los dos tratamientos, disminuyen hasta el final de la maduración, siendo a partir del envero cuando se produce el descenso más acentuado debido al aumento de tamaño de la baya.

En el estudio de la evolución de los polifenoles (mg/100 bayas) en el mosto procedente de los dos tipos de tratamientos a lo largo de los tres años, se observa que en 1990 y 1991 la tendencia es a una disminución inicial seguida durante el resto del proceso de maduración de un mantenimiento de las cantidades, siendo en los dos casos cuantitativamente superiores los valores en el vaso que en la espaldera, mientras que en 1993 las curvas de evolución en los dos tratamientos tienen un aspecto sinusoidal, alternándose los tratamientos sin una preferencia clara. Al aplicar el análisis de varianza se comprueba que en 1990 y 1992 no existen diferencias entre tratamientos en ninguna fecha y en 1991 tampoco existen excepto en dos fechas, el envero y la vendimia.

Singleton (1966) observó que la concentración de fenoles en las uvas desciende considerablemente a medida que se produce la maduración. Si el resultado se expresa por unidad de baya los resultados nos indican como actúa la variable volumen, observando que se produce dentro de la uva una síntesis neta o acumulación de estas sustancias, a medida que va madurando y esto es importante bioquímicamente. Así ese descenso observado (mg/L) puede ser debido a un aumento del tamaño de la baya que diluye la concentración de los fenoles, enmascarando la probable síntesis "in situ" que no se produce en gran proporción. Este autor observa que la proporción de fenoles no es constante ni sigue una misma tendencia ya que varía considerablemente según las variedades, e incluso dentro de los mismos clones de una misma variedad, así como por las condiciones meteorológicas.

Durante la maduración se observa que no existen diferencias entre los dos tratamientos, por tanto la distinta geometría de la cepa no influye en una modificación de las cantidades totales de fenoles. Algunos autores (Morrison y Noble, 1990) afirman que estos fenoles aumentan con el aumento de la exposición de los racimos, mientras que otros (Hunter y col., 1991) afirman que permanecen sin ser afectados. Zoecklein y col. (1992) no encontraron diferencias en los fenoles totales en el mosto en los procesos de defoliación, procesos que suponían una modificación cualitativa en los cambios de luz dentro del canopy y de un aumento de la temperatura de los racimos.

En el análisis de varianza para dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 133), se muestra que en ningún año existen diferencias en las concentraciones de polifenoles acumulados según el tratamiento empleado, pero sí existen diferencias cuantitativas en los valores de las distintas fechas según el año que se trate. Además en ningún año los valores son distintos por la interacción de esos dos factores.

1.6.2.3.- Evolución de los antocianos totales.

Los antocianos totales en los dos tratamientos durante los tres años tiene una tendencia ascendente (Tabla 71, Gráficos 73 y 74).

A) Estudio de los antocianos totales en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa un crecimiento inicial desde la fecha 128 de la maduración y que va a continuar hasta unos seis días antes de la vendimia en que disminuye

Gráfico 73.- Evolución de los antocianos totales (mg/L) del mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

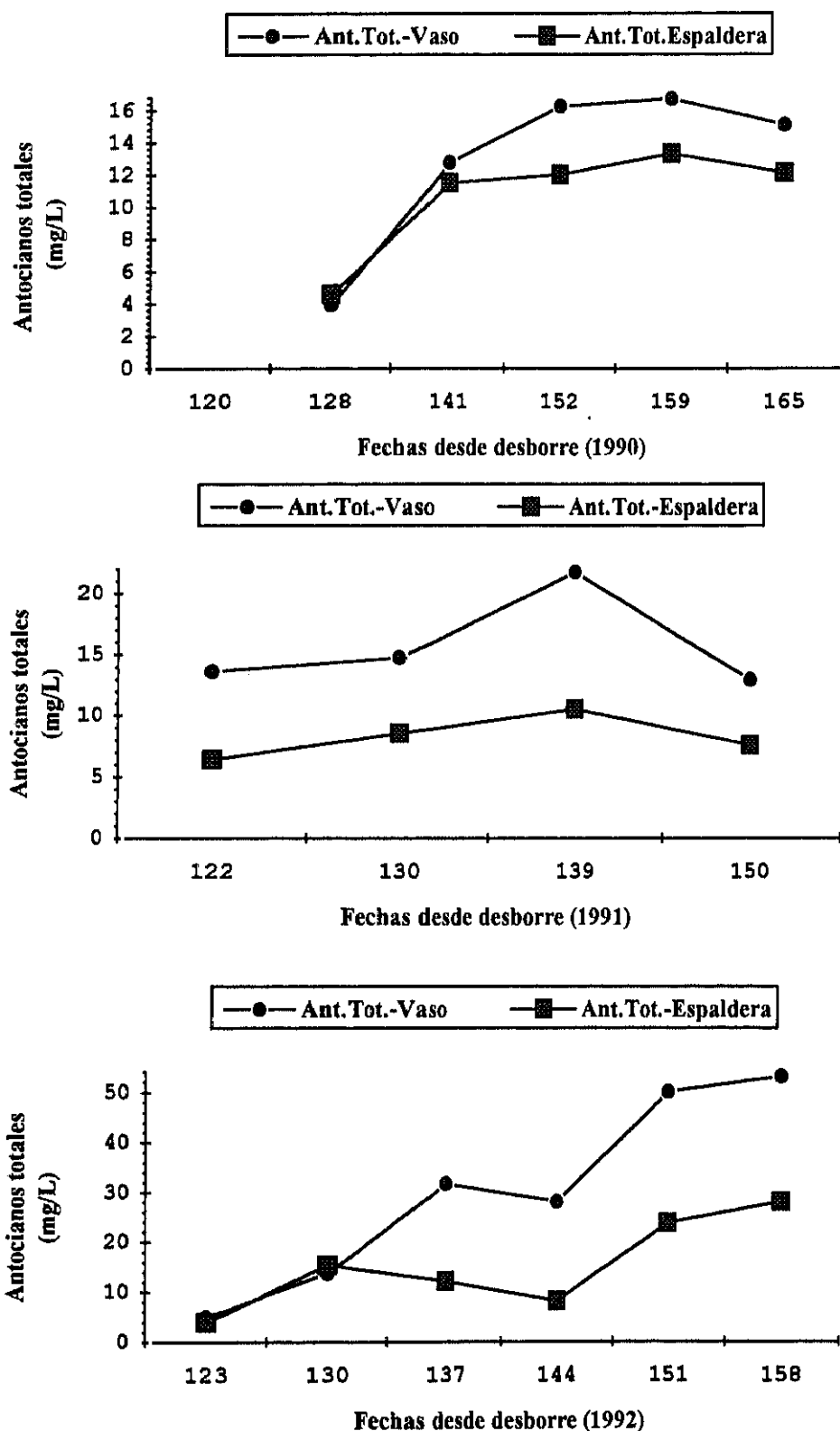
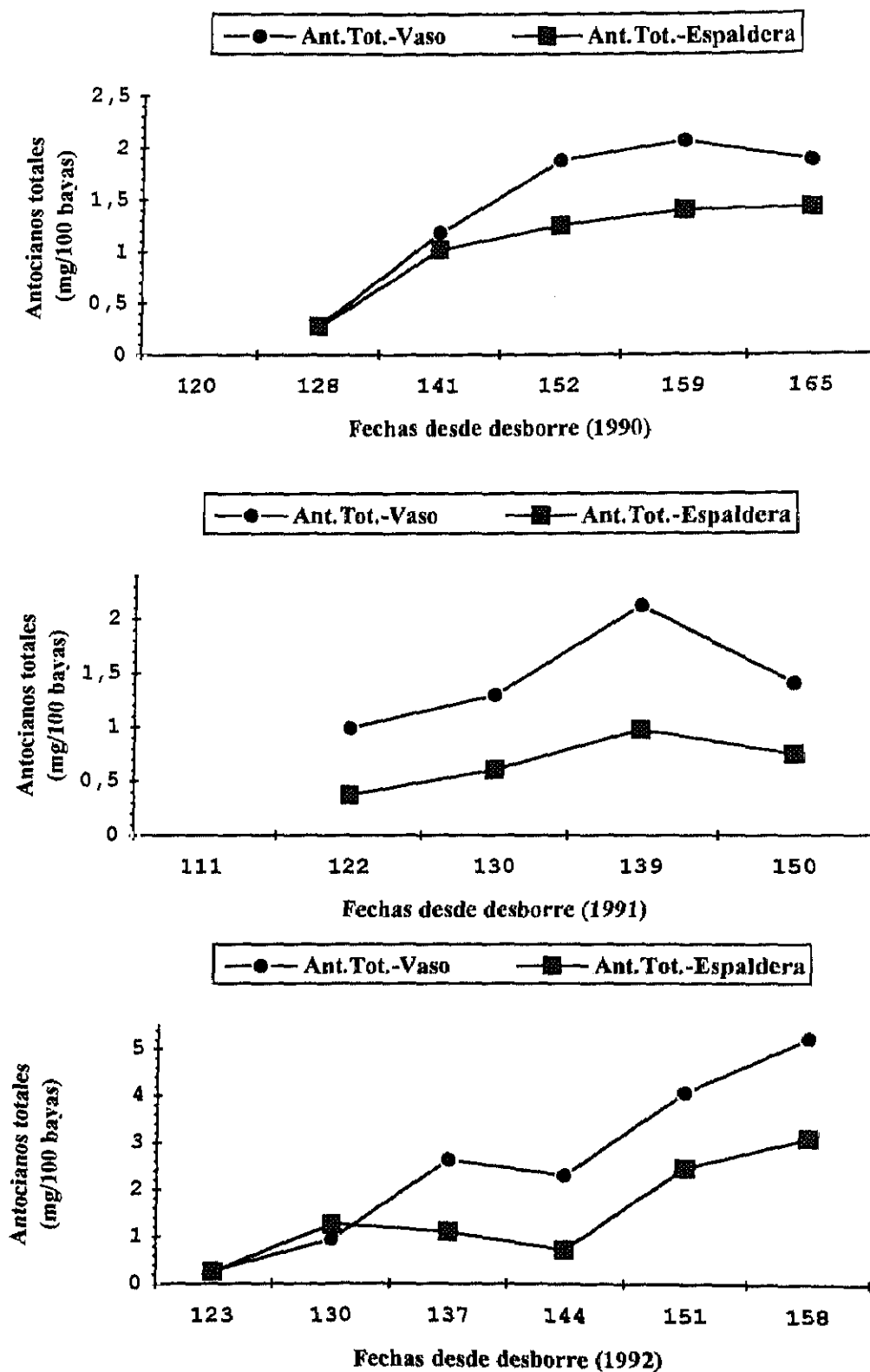


Gráfico 74.- Evolución de los antocianos totales del mosto (mg/100 bayas) obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



ligeramente, terminando en 15,1 mg/L. El test de Duncan confirma la evolución indicando diferencias entre la primera y el resto de las fechas.

En el tratamiento en espaldera el proceso es muy similar, sólo que las concentraciones en este caso son inferiores a las del vaso, llegando al final a 12,1 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias entre la primera fecha con el resto.

En el estudio por el análisis de varianza de las diferencias entre tratamientos se observa que no existen variaciones en ninguna fecha (Tabla 117).

B) Estudio de los antocianos totales en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se observa un crecimiento desde el envero hasta la vendimia, aunque justo antes de esta fecha se produce una disminución llegando a valores de 12,9 mg/L. El test de Duncan muestra igualdad entre todas las fechas.

En el tratamiento en espaldera el proceso es el mismo llegando al final de la maduración a 7,6 mg/L. El test de Duncan no muestra diferencias entre las fechas.

Los valores en el vaso son mayores a los de la espaldera en todo momento, si bien sólo en la primera fecha se han observado diferencias entre los dos tratamientos (Tabla 117).

C) Estudio de los antocianos totales en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa un crecimiento inicial seguido de una estabilización de las concentraciones y un posterior aumento hasta la vendimia, momento en el que se alcanzan valores de 53,2 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias entre las dos últimas fechas con el resto.

En el tratamiento en espaldera el proceso seguido es un aumento continuo aunque el mantenimiento de los valores se prolonga más tiempo que en el caso del vaso, si bien los valores se recuperan, y al final de la vendimia alcanzan cifras de 28,1 mg/L. El test de Duncan señala diferencias entre las cuatro primeras fechas con el resto.

Los valores en el vaso son superiores en todo el proceso a los de espaldera, observando que sólo en las fechas intermedias (137 y 144) existen diferencias en los valores alcanzados por esos dos tratamientos (Tabla 117).

La evolución de los antocianos (mg/L) es ascendente a pesar del mayor volumen de las bayas del vaso lo que implica una mayor síntesis en este tipo de tratamiento a nivel del hollejo. La

relación superficie/volumen de la baya es la que va a marcar la dilución de estos pigmentos localizados en las capas superficiales exclusivamente, así en la espaldera el valor de la relación es mayor debido al menor volumen respecto del vaso.

En el estudio de la evolución de las cantidades de antocianos totales (mg/100 bayas) en el proceso de maduración se observa que es a partir del envero cuando se inicia un incremento acentuado de estos componentes, tanto en el vaso como en la espaldera, si bien en 1990 y 1991 se produce un descenso de esa materia colorante desde el muestreo anterior hasta la fecha de la vendimia. Cuantitativamente los valores en el vaso son superiores a los de espaldera en todos los años, observando por el estudio del análisis de varianza que en 1990 no existen diferencias entre tratamientos en ninguna fecha, en 1991 sólo en las dos fechas que siguen al envero y finalmente en 1992 sólo en dos fechas intermedias de la maduración (137 y 144).

En el análisis de varianza de dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 133) en los tres años se comprueba que en 1991 y 1992 las concentraciones son diferentes según el tratamiento empleado, siendo en los dos años superiores en el tratamiento en vaso, en cada una de las fechas los valores son diferentes según el año que se trate. Sólo en 1992 los valores son diferentes por la interacción de los dos factores.

1.6.2.4.- Evolución de los taninos totales.

Los taninos totales en los dos tratamientos durante los tres años tiene una tendencia ascendente (Tabla 72, Gráficos 75 y 76).

A) Estudio de los taninos totales en el mosto de uva en 1990.

En el tratamiento en vaso se observa un crecimiento continuo, siendo más acusado en las tres primeras fechas y estabilizándose posteriormente hasta la fecha de la vendimia en 946,5 mg/L. El test de Duncan señala diferencias entre todas las fechas, si bien entre las fechas 152 y 159 existe igualdad de medias.

En el tratamiento en espaldera el proceso es el mismo, salvo que los valores en este caso son inferiores a los del vaso, llegando en vendimia hasta 836,5 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias entre las tres primeras fechas, siendo iguales las tres últimas.

En el estudio por el análisis de varianza de las diferencias entre tratamientos se observa que no existe ninguna fecha con diferencias significativas (Tabla 118)

Gráfico 75.- Evolución de los taninos totales (mg/L) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

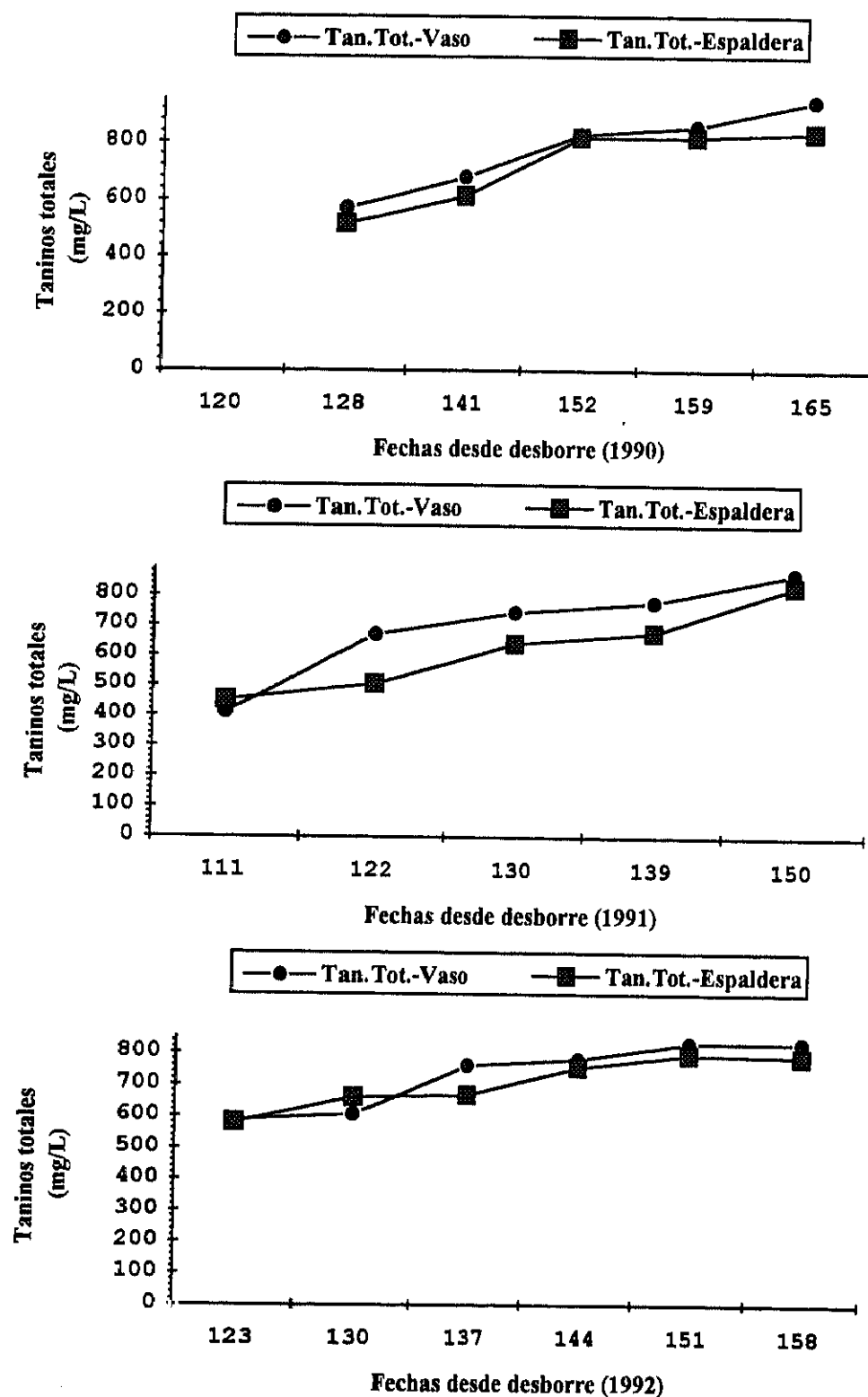
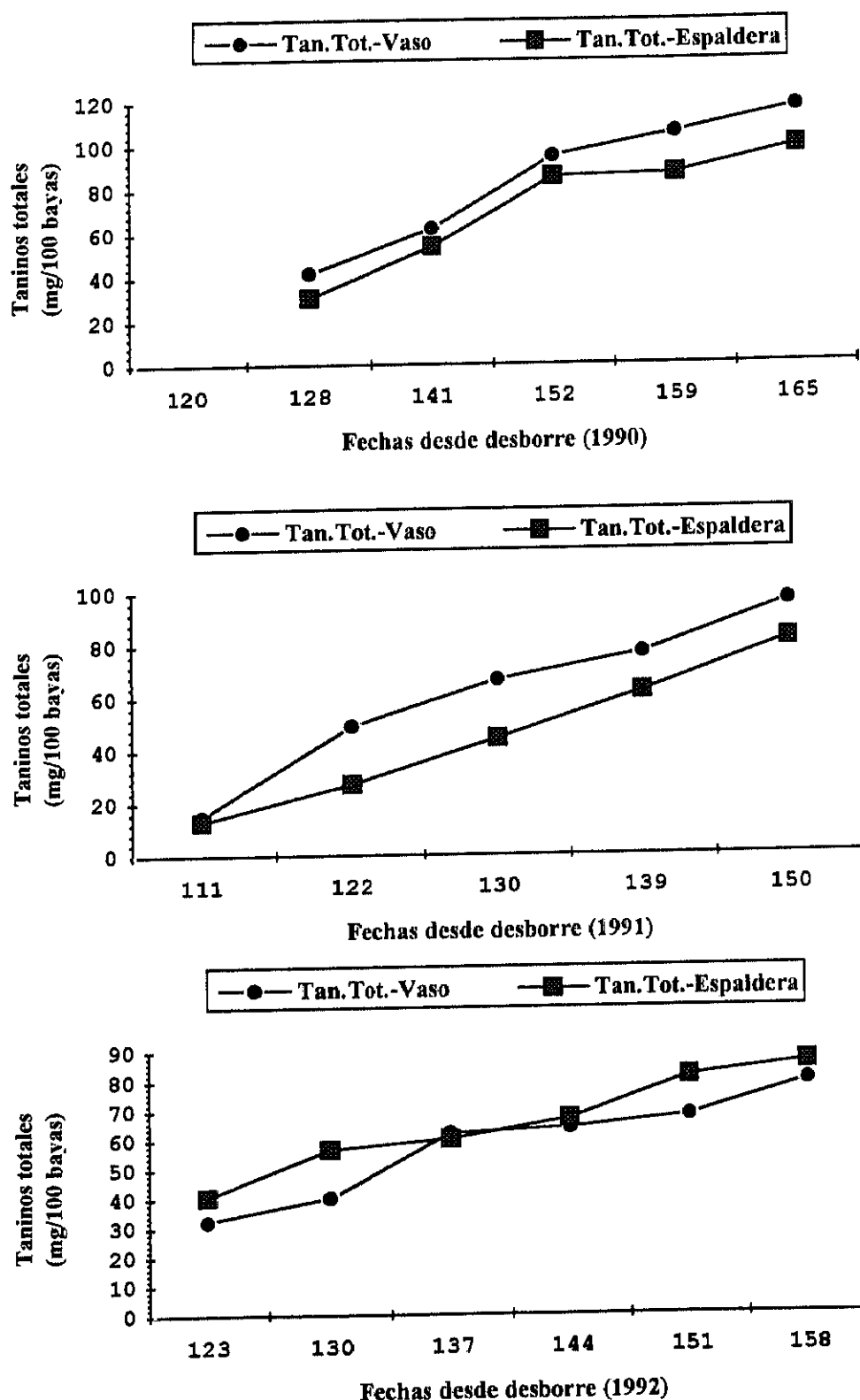


Gráfico 76.- Evolución de los taninos totales (mg/100 bayas) en el mosto obtenido de bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



B) Estudio de los taninos totales en el mosto de uva en 1991.

En el tratamiento en vaso se observa, como en el año anterior, un aumento suave y continuado hasta el final de la maduración, llegando en vendimia a 875,5 mg/L. El test de Duncan indica diferencias entre la primera fecha con el resto.

En el tratamiento en espaldera el modelo seguido es exactamente el mismo que antes y únicamente la diferencia es que los valores son menores a los del vaso, llegando al final a 833,3 mg/L. El test de Duncan expresa diferencias entre las dos primeras fechas con las dos siguientes y la de la vendimia.

Aplicando el análisis de varianza a estos valores se observa que entre el vaso y la espaldera no existe ninguna fecha con diferencias significativas excepto en la 122 de la maduración (Tabla 118).

C) Estudio de los taninos totales en el mosto de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso el comportamiento es de ascenso pero muy suave y casi estabilizado durante todo el proceso alcanzando al final 834,0 mg/L. El test de Duncan indica diferencias entre las dos primeras fechas con el resto de las fechas de la maduración.

El tratamiento en espaldera muestra el mismo comportamiento, llegando en vendimia a concentraciones de 791,0 mg/L. El test de Duncan muestra diferencias entre las cuatro primeras fechas con las dos últimas.

Los valores en el vaso son superiores a los de la espaldera, y en el estudio de las diferencias entre tratamientos se comprueba que no existe ninguna fecha con diferencias significativas excepto en la 137 de la maduración (Tabla 118).

La evolución de los taninos (mg/L) durante todo el proceso de maduración se caracteriza por tener una tendencia ascendente y se observa que las concentraciones en el vaso son ligeramente superiores a las de la espaldera, a pesar de que el tamaño de las bayas en el vaso son mayores que en la espaldera, esto es justificado por las cantidades mayores por baya en este tipo de tratamiento.

En el estudio de la evolución de las cantidades de taninos totales (mg/100 bayas) en el mosto se observa que en los dos tratamientos y en cualquiera de los años estudiados la tendencia es de un incremento de las cantidades presentes desde el envero hasta el momento final de la maduración. Cuantitativamente los valores en 1990 y 1991 son superiores en el vaso frente a la

espaldera, mientras que en 1992 ocurre lo contrario, para comprobar si existe realmente variaciones entre tratamientos respecto a las cantidades presentes en las bayas se realiza el análisis de varianza, comprobando que en 1990 existen diferencias a partir del envero en todas las fechas excepto en la 128 y en la de la vendimia, en 1991 sólo existen diferencias en las fechas 122 y 130, finalmente en 1992 se considera que no existen variaciones en ninguna fecha excepto en la 130 y en la 151.

En el análisis de varianza para los dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 133) durante los tres años se observa que en 1990 y 1991 los valores son diferentes en función del tratamiento elegido, siendo en los dos casos superiores en el caso del vaso, además existen diferencias en los valores según las fechas y el año que se trate. Para esta variable sólo en 1991 los valores son distintos por la interacción de los dos factores.

1.7.- ESTUDIO DE LOS DISTINTOS COMPONENTES EN EL MOSTO CUANDO ESTE ALCANZA 20 °BRIX Y EN LA FECHA DE LA VENDIMIA.

El momento de la vendimia depende de factores muy distintos: la situación de la zona vitícola, el suelo, el clima, la variedad de uva, el grado de madurez, el estado sanitario, el uso y destino de la uva (pasificación, consumo de mesa o vinificación), por lo que la fecha de madurez es difícil de establecer. Se pueden considerar tres estados de madurez: la fisiológica (cuando la baya está en disposición de germinar), la industrial (se alcanza con el máximo de peso y de azúcares), y la tecnológica (cuando la fruta tiene las características óptimas para el uso al que se la destina).

En cualquier caso el proceso de la maduración se caracteriza por una serie de cambios físico-químicos en el fruto que se usan como indicadores del estado de madurez, fundamentalmente se refieren a los azúcares y a los ácidos aunque el conocimiento de los distintos componentes de la uva es importante para determinar el mejor momento de la vendimia y así poder ajustar el proceso de la vinificación.

Uno de los parámetros de calidad del mosto de uva que más se tiene en cuenta para determinar el momento de la vendimia en un ensayo es el °Brix. En nuestro caso como el destino de las uvas es para vinificación, la fijación de la fecha de la vendimia se puede realizar siguiendo dos caminos:

-Vendimiar cuando las bayas alcanzan un valor de azúcar determinado, que suele estar comprendido entre 20 y 22 °Brix, por tanto en cada tratamiento la obtención de esos sólidos solubles totales se realizará en una fecha distinta.

-Vendimiar todo el ensayo al mismo tiempo, considerando aspectos generales o ciertos índices tales como los físicos (color de la baya, consistencia, desprendimiento del racimo, peso, densidad del mosto), los químicos (componentes que aparecen y desaparecen en la maduración como la desaparición de la clorofila), fisiológicos (respiración del racimo) y a través de fórmulas empíricas que combinan los índices físicos y químicos y así predicen el estado de madurez más adecuado. En este último caso la fecha de la vendimia en todo el ensayo es la misma pero el valor alcanzado de sólidos solubles totales en cada tratamiento es distinto.

En este trabajo se eligió el segundo método, pero también se han calculado los valores de todos los parámetros analizados para ese estándar de referencia que es 20°Brix, ya que en este momento se considera que los distintos componentes del mosto han alcanzado un equilibrio adecuado que permitiría vinificar. Así podemos conocer los distintos parámetros de calidad del mosto para un valor fijo de azúcares y la fecha en la que se alcanzan esos 20 °Brix en los distintos tratamientos (Cuadro IX, de la Parte Experimental).

Se han realizado los análisis de varianza para conocer las diferencias significativas en ese momento para los distintos tipos de tratamientos en todos los parámetros analizados, así como las influencias del año.

1.7.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO

Para determinar si es el riego el que puede retrasar la maduración de la fruta, y si otras sustancias que influyen también en la calidad de la misma son similarmente afectadas, se comparan tratamientos para un mismo nivel de sólidos solubles totales. Al analizar los distintos componentes se observa las distintas relaciones entre ellos que pueden ser un indicador de la calidad del mosto y posteriormente del vino.

En nuestro caso los cálculos realizados para conocer cuando se alcanzan los 20 °Brix mostró que durante los tres años, el tratamiento de regadío necesita prácticamente los mismos días en conseguir ese valor de sólidos solubles totales, mientras que en el tratamiento de secano se observa que en los años 1990 y 1991 se necesitan mayor número de días que en 1992 para llegar

a ese grado de madurez (Figura 40), es decir, a medida que pasan los años se necesitan menos días para lograr ese valor estándar de azúcar. Parece que esa situación de estrés mantenida a lo largo de los años provoca un adelanto en el proceso de la maduración, quizás debido a un menor tamaño de las bayas en el tratamiento de secano que favorece una concentración de los componentes. Ese menor tamaño progresivo se debe a la falta de agua en este tipo de tratamiento y a las consecuencias derivadas de ello como son la caída precoz de las hojas que provoca una menor densidad foliar, esto supone una mayor exposición de los racimos a la luz solar y origina una mayor transpiración por parte de las bayas con la consiguiente pérdida de agua. Se ha comprobado por el análisis de varianza, que sólo en 1990 existen diferencias significativas en las fechas que se necesitaron para alcanzar el mismo nivel de azúcar por los distintos tratamientos, siendo de 164 días para el secano y de 147 para el regadío, mientras que en los otros dos años no se consideran que sean diferentes según el tratamiento escogido.

Según Hardy (1980) la reducción del peso de la baya es lo que hace que en ciertas ocasiones se adelante el proceso de la maduración. En los tratamientos con estrés hídrico se producen mostos con menos acumulación de azúcares, disminuye el peso y volumen así como el contenido de pigmentos, produciéndose un retraso en la maduración (Hardie y col., 1976). En esos tratamientos existe un aumento significativo de la relación hollejo/pulpa al final de la madurez (Meriaux y col., 1983).

Por tanto en nuestro caso el estrés hídrico aplicado, hace que la planta avance el proceso de maduración a medida que pasan los años, pero no por un aumento en la síntesis de los azúcares sino por una concentración de los componentes en el tratamiento de secano, ya así se ha podido comprobar que no ocurre mayor síntesis en el secano a través de las medidas de la fotosíntesis (Bartolomé, 1993) y por los valores obtenidos de síntesis de glucosa y fructosa en este trabajo. Este hecho ha sido también referido por otros autores (Kliewer, 1977; McCarthy y col., 1983; Neja y col., 1977) que entienden el adelanto de la maduración como consecuencia de una mayor exposición de los racimos a la luz solar y por tanto de una mayor temperatura en las bayas, ya que ni la fotosíntesis ni la translocación serían las responsables puesto que estas funciones son perjudicadas por el estrés hídrico (Boyer y col., 1985; Kriedemann, 1977), y en este caso se esperaría un retraso en vez de un adelanto en el proceso de maduración.

Freeman y Kliewer (1983) afirman que el estrés hídrico acelera la maduración de las bayas en términos de concentración de sólidos solubles. Este efecto no es indirectamente debido a una disminución en la producción, ya que en los ensayos realizados reduciendo el número de

racimos, al nivel que ocurriría en los tratamientos de estrés hídrico, se disminuyó la producción si bien no se produjo un retraso en la maduración.

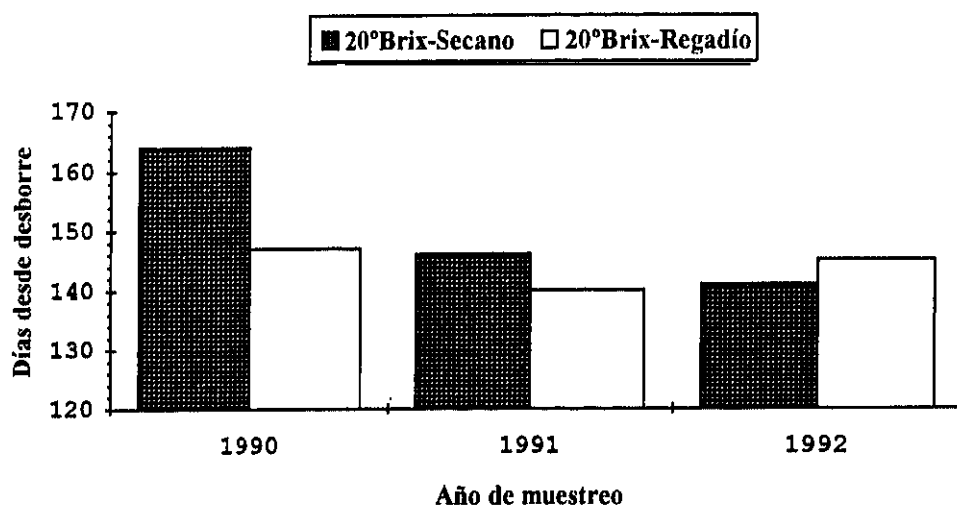


Figura 40.- Fechas en las que se alcanzan los 20 °Brix durante los tres años, en los dos tipos de tratamientos.

Los datos de Vaadia y col. (1961) y Smart y col. (1974); contradicen los encontrados por nosotros. Según ellos si las uvas se vendimian a un nivel fijado de azúcar, se puede encontrar que el riego retrasa la vendimia de 1 a 3 semanas. Van Zyl y Weber (1977) informaron del retraso de la maduración de las bayas con el riego, aunque no se afectaron otros parámetros de calidad.

En el análisis factorial, de tratamiento y año, se comprueba que esas fechas son distintas en función del tratamiento elegido, siendo mayor el tiempo necesitado en alcanzar ese nivel de maduración por el secano que por el regadío, con un nivel de significación del 0,01; así mismo el año hace que esas fechas sean distintas. Además esas fechas alcanzadas son distintas por la interacción de los dos factores.

Matthews y Anderson (1988) comprueban que el estrés hídrico puede alterar el inicio y la duración del periodo de maduración, así como a distintos componentes. Comprobaron que cuando los déficits de agua se producen después del envero se afecta ligeramente a la pendiente de aumento de los sólidos solubles, si bien es necesario que ese estrés esté muy acusado.

En el caso de elegir el momento de la vendimia fijando una fecha, como ha sido nuestro caso, los valores de sólidos solubles totales en ese momento final de maduración de las bayas, en cada tratamiento y año, van a ser diferentes (Figura 41).

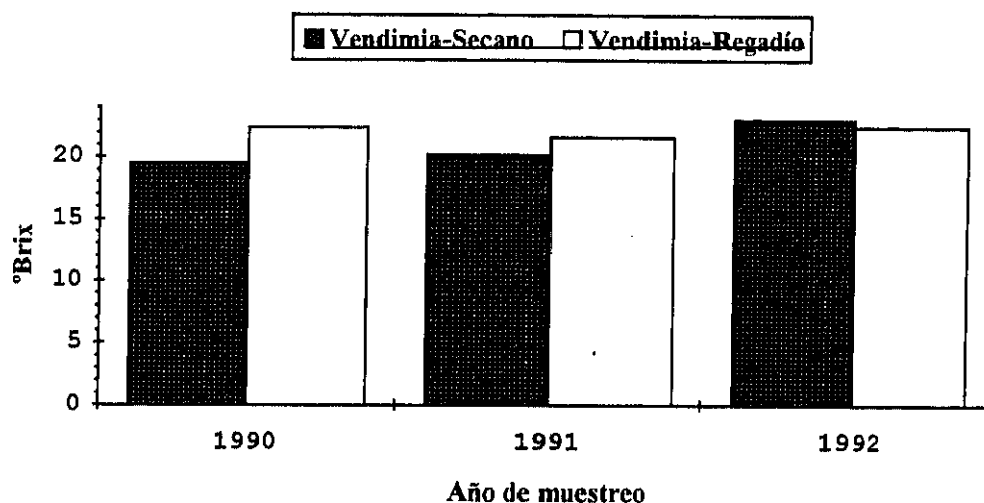


Figura 41.- Sólidos solubles totales en el momento de la vendimia en los dos tratamientos, durante los tres años.

En el momento de la vendimia se observa que los valores alcanzados de sólidos solubles totales van a ser mayores en los tratamientos de regadío que en los de secano en los años 1990 y 1991 (siendo mayores las diferencias en el año 1990), mientras que en el año 1992 ocurre al revés. En este último año hay que tener en cuenta que el proceso de estrés está más acentuado y el tamaño de la baya es menor, debido a una mayor evaporación como consecuencia de los procesos de transpiración ya comentados favorecidos por temperaturas elevadas sobre los racimos, lo que puede provocar un aumento de la concentración de los sólidos solubles.

Bravdo (1984) demostró como resultado del riego de viñas cultivadas en Israel, el aumento de sólidos solubles totales por hectárea y el relativo pequeño retraso que se producía en la fecha de vendimia. Parece que el riego antes del envero no perjudica la calidad y se observó que un ligero estrés después de ese momento la mejora, si bien sobre estos aspectos existe gran discrepancia entre diversos autores.

Se realizó el análisis de varianza para los factores, tratamiento y año (Tabla 137), observando que aparecen diferencias significativas en los valores de °Brix entre ambos tratamientos, considerando globalmente que los sólidos solubles en el regadío van a ser mayores

que en el secano, con un nivel de significación de 0,01; por tanto los distintos tipos de tratamientos utilizados (regadío o secano) suponen una modificación de la estructura del canopy (más o menos densos) que puede afectar a los componentes del mosto ($^{\circ}\text{Brix}$) y por tanto a su calidad. El año, entendiendo como tal las influencias no sólo climatológicas sino todo lo que afecta al desarrollo vegetativo y a la producción de la planta, origina diferencias significativas en los valores de los sólidos solubles totales, así como la interacción entre los dos factores, es decir, según en el año que nos encontremos y el tratamiento elegido los valores de $^{\circ}\text{Brix}$ serán diferentes. Los efectos de los cambios macroclimáticos son menos estudiados porque se les ha prestado menos importancia que a los microclimáticos creados por la planta sobre los racimos.

En el caso del tratamiento de regadío las cepas han tenido un mayor crecimiento vegetativo expresado tanto en función del p.m.p. (Kg/m^2) como del área foliar (Cuadro VII de la Parte Experimental), es decir, el riego favorece que los canopys sean más densos. En este tipo de tratamiento existe una mayor área foliar expuesta en relación a la del secano, lo que permite una mayor actividad fotosintética tanto por la cantidad de hojas presentes como por la duración de esas hojas, ya que la caída de las mismas en el tratamiento de secano se produce de manera precoz, todo ello permite una mayor cantidad de sólidos solubles en las bayas del tratamiento de regadío. Por el contrario el estrés hídrico favorece que se cierren los estomas por lo que se reduce la fotosíntesis con respecto al tratamiento de regadío.

El riego favorece el aumento de producción por lo que resulta interesante estudiar la relación entre la producción y la calidad de la cosecha. Winkler y col. (1974) manifestaron que la calidad y la producción aumentan junto con el vigor de la cepa, debido a la regulación en la severidad de la poda y al aclareo de fruta. Es necesario un mínimo de área foliar para aumentar una serie de parámetros de calidad y maduración hasta un nivel de saturación.

En cuanto a la producción (Kg/m^2) por parte de las plantas (Cuadro VII de la Parte Experimental) se observa que es significativamente diferente en los tres años, siendo mayor en el tratamiento de regadío que en el de secano. Por lo tanto ese aumento de kilos (tanto por el aumento del peso de los racimos como el de las bayas) no ha perjudicado el aumento de sólidos solubles por parte de la cepa, debido a una dilución por un mayor volumen de las bayas, sino que la cepa lo ha compensado sintetizando mayor cantidad de sólidos solubles; en este aspecto no se puede decir que el riego disminuye la calidad. Como la principal fuente de azúcares de las bayas procede de la translocación de los mismos desde las hojas donde se sintetizan mediante la fotosíntesis, la relación área foliar/producción (Cuadro VII de la Parte Experimental) se

considera un factor de gran importancia para determinar el nivel de azúcar de las bayas, generalmente se considera que los niveles de azúcar empiezan a descender con relaciones inferiores a 7-10 cm²/g (Kaps, 1992; Kliewer y Antcliff, 1970; Kiewer y Weaver, 1971; Smart, 1985) no encontrando efecto cuando están por encima de esta relación. El índice de Ravaz es otro modo de conocer la producción en función del desarrollo vegetativo, siendo significativamente diferentes los dos tratamientos y se considera que es mayor en el caso del regadío ($p \leq 0,01$).

Los valores finales de °Brix en los tres años en los dos tratamientos oscilan entre 19,4 y 22,5 siendo cifras aceptables para la posterior vinificación. Estos mostos con esos niveles de azúcares se han producido en zonas donde las temperaturas medias desde la floración hasta el final de la maduración se encuentran entre 20 y 24 °C, además de disponer de una buena luminosidad (Cuadro IV, de la Parte Experimental). Los cielos despejados durante el periodo de crecimiento permiten una mayor cantidad de radiación fotosintéticamente activa, así cuanto mayor sea la intensidad y la cantidad de radiación aumentará la producción y los °Brix, ya que al aumentar la temperatura tanto de las hojas expuestas como la de los racimos se favorece un aumento de la fotosíntesis y de la actividad metabólica. Las bajas precipitaciones que han existido sobre todo durante el periodo de maduración de las bayas favorecen una adecuada composición de las mismas.

Winkler (1962) estudia cómo la escasez de agua durante el periodo de maduración evita que la baya alcance su máximo tamaño y además puede causar un retraso en la maduración y un color deteriorado de las bayas. Stevens y Cole (1987) observan cómo los cambios producidos por el estrés hídrico sobre la composición de las bayas son mucho menores que los que afectan al desarrollo vegetativo y a la producción. Un riego adecuado favorece el aumento de sólidos solubles, sobre todo si se trata de años secos.

La mayoría de la información disponible sobre la respuesta de las cepas al riego se basa en estudios sobre la cantidad y frecuencia del riego y sobre la disponibilidad de agua del terreno. Las respuestas medidas en las cepas incluyen los efectos en el crecimiento vegetativo, fertilidad de las yemas, desarrollo y composición de la fruta y la incidencia de determinadas enfermedades. Christensen (1975) realizó una experiencia de cinco años sobre la variedad Thompson Seedless y Neja y col. (1977) sobre la variedad Cabernet Sauvignon, controlando en ambos casos el momento en el que cortaba el riego antes de la vendimia. Los efectos de ese tipo de riego a lo largo del proceso de maduración van a afectar no sólo a la humedad del suelo sino al crecimiento vegetativo de la cepa, y al desarrollo y calidad de la fruta. Al cortar el riego de manera muy

temprana los efectos de ese estrés hídrico se acentúan al avanzar los años, aunque observaron que no aparecen de un modo inmediato en las bayas sino a los tres años de la experiencia, manifestándose en un menor tamaño de las bayas y en una menor cantidad de sólidos solubles por baya, provocando así un aumento en la concentración. La falta de riego sólo sería buena práctica para el caso de terrenos donde las cepas tienen un elevado vigor controlando así el crecimiento de tallos anticipados.

Goosen (1956) informó que el exceso de riego justo antes de la vendimia causaba bajos contenidos de sólidos solubles en las bayas de la variedad Sultana situadas en África del sur.

1.7.1.1.- Peso y volumen de 100 bayas

Se han calculado los valores alcanzados por esos parámetros para los dos tratamientos, cuando el mosto llega al valor estándar de maduración de 20°Brix (Tablas 27 y 119). Se observa que en los tres años los valores alcanzados en el tratamiento de regadío son mayores a los de secano existiendo en los tres casos diferencias significativas. Si se observan los análisis de varianza, tratamiento y año, se considera que los valores son distintos según el tratamiento siendo superiores los valores en el regadío con un nivel de significación del 0,01, además los valores son distintos según el año que se trate y por la interacción de los dos factores.

En el momento de la vendimia (Tablas 28 y 120) sucede lo mismo que ocurría para 20 °Brix, es decir, los valores en el regadío superan a los del secano en los tres años con diferencias significativas, existiendo diferencias entre los dos tratamientos y siendo superior el de regadío con un nivel de significación de 0,01 igual que a 20 °Brix. Además se observa que con el paso de los años los pesos en el tratamiento de secano han ido disminuyendo, mientras que los del regadío apenas varían. En cada tratamiento se han dejado según los años un número adecuado y distinto de yemas (Bartolomé, 1993) en función de la capacidad de la cepa, de modo que la disminución del peso de la baya no ha sido por un exceso de producción por parte de la cepa que favorece una disminución del tamaño de las mismas.

Kliewer (1965) informa que las bayas de *Vitis vinifera* alcanzan su máximo peso una semana antes de su completa maduración, de modo que si se quiere maximizar la producción, sin una pérdida de calidad, se debe tener en cuenta el periodo óptimo de vendimia es el de máximo peso de las bayas.

Stevens y Cole (1986) determinan que el peso final de las bayas es un factor importante para determinar la producción. El peso va a depender de los procesos que ocurren durante su crecimiento y que comprende desde la aparición de las bayas a vendimia, observando que el estrés hídrico va a disminuir el peso significativamente. Esto está de acuerdo con otros autores (Vaadia y Kasimatis, 1961; Smart y col., 1974; Hepner y col., 1985) cuyos resultados muestran que un aumento en la aplicación de agua aumenta la producción y el peso de la baya.

Kingston y Van Epenhuijsen (1989) al realizar procesos selectivos de defoliación observan que el diámetro de las bayas aumenta al aumentar la superficie foliar y los pesos muestran las mismas tendencias que el diámetro, además el ritmo de crecimiento es superior a mayor número de hojas. Kliewer (1970) llegó a los mismos resultados y sugirió que la defoliación reduce tanto el número como el tamaño de las células y esto afecta al tamaño final de la baya. La disminución del peso de la baya supone una disminución del peso total de frutos en la planta.

Matthews y Anderson (1988) determinan que el peso de las bayas es un factor importante para determinar la dilución de los componentes presentes en los tejidos dérmicos de las bayas, que son componentes importantes en el proceso de vinificación. Cuanto mayor sea el volumen de la baya mayor será el valor de la relación solvente/solutos (savia de las células del mesocarpio/componentes de las células del hollejo), esto es una consecuencia de la menor relación superficie/volumen de las bayas de mayor tamaño. Así la menor expansión de las bayas sometidas a un déficit hídrico pueden disminuir la dilución de los componentes del hollejo en el mosto. El hecho de que estos autores encuentren diferencias en la composición del mosto no es sólo por una dilución de los componentes o por efectos indirectos como son la exposición de los racimos, ya que los niveles de los distintos componentes no solo no cambian en un único sentido sino que algunos permanecen sin alteraciones en función de las distintas condiciones hídricas, y además las variaciones producidas no se producen en las posibles direcciones pensadas. Estos autores afirman que el periodo de desarrollo durante el cual se produce un déficit de agua va a determinar los componentes que son afectados, así comprueban diferencias en la producción como consecuencia de un déficit hídrico, sobre todo en el 2º y 3º año, ya que se van a combinar los efectos directos que ejerce la falta de agua de ese año sobre el peso de la baya y la escasez de agua de la estación anterior que afectó a la diferenciación de los racimos y que se expresa en la siguiente estación. El déficit de agua va a tener un gran efecto en el desarrollo de las yemas, de modo que un aumento o disminución de agua origina un aumento o disminución de la producción respectivamente.

Smart y Coombe (1983) observan diferencias en la producción entre cepas regadas y no regadas que alcanzan un 131%, sugiriendo que el tiempo requerido de maduración estaba inversamente relacionado con los aumentos de producción debidos a un aumento en el nivel de agua.

1.7.1.2.- Glucosa, Fructosa y relación Glucosa/Fructosa.

Se han calculado los valores alcanzados por esos parámetros para los dos tratamientos, cuando el mosto llega a 20°Brix (Tablas 27 y 119).

Para ese ~~valor estándar de maduración~~ se comprueba que tanto la glucosa como la fructosa van a tener valores mayores en el regadío frente al secano en los años 1991 y 1992, siendo las diferencias mayores en 1991, mientras que en 1990 los valores en el secano son mayores para los dos azúcares. En ningún año se puede considerar que existan diferencias significativas entre los dos tratamientos por los valores encontrados para esas dos hexosas. Las cifras de la relación glucosa/fructosa no son grandes (para el secano están entre 0,90-0,98 y para el regadío entre 0,90-1,00), siendo sólo en 1990 cuando existen diferencias significativas entre los dos tratamientos, además hay que tener en cuenta que durante los tres años, y en los dos tipos de tratamientos, los valores de la fructosa son superiores a los de la glucosa.

Para un conocimiento mayor acerca de esas diferencias, se aplicó el análisis de varianza con dos factores, tratamiento y año (Tabla 135), en ese momento en que se alcanzan los 20°Brix. Se comprueba que tanto los valores de los dos azúcares así como sus relaciones no van a ser estadísticamente diferentes en función del tipo de tratamiento, ni de la interacción de tratamiento y año, pero sí va a influir el año. Es decir, los valores alcanzados van a depender únicamente de las condiciones estacionales y microclimáticas que rodean a la planta independientemente del tipo de tratamiento.

A pesar de que en el tratamiento de regadío ha existido mayor síntesis de azúcares, el efecto de dilución por la mayor cantidad de agua disponible, hace que se considere que las concentraciones entre los dos tratamientos no sean distintas, por tanto en nuestro caso el regadío no va a producir retraso en la maduración, ya que este tipo de tratamiento tarda menos tiempo que el secano en alcanzar las mismas cantidades de azúcares.

En vendimia es importante el dato de azúcares, ya que en función de éste se obtendrá un nivel de alcohol adecuado. Se han analizado los datos de los azúcares al final del proceso de

maduración, tanto de forma total (sólidos solubles totales), como individualizada así como sus relaciones (Tablas 28 y 120).

En el momento de la vendimia se observa que tanto los valores alcanzados de glucosa como los de fructosa van a ser mayores en los tratamientos de regadío que en los de secano en los años 1990 y 1991 (siendo mayores las diferencias en el año 1990), mientras que en el año 1992 ocurre al revés con esos dos parámetros, si bien sólo en 1990 y 1991 existen diferencias significativas entre tratamientos respecto a los valores en cada uno de los dos azúcares. Al final de la maduración se observa que los valores de la fructosa son superiores a los de la glucosa en los tres años y en los dos tratamientos, aunque en cada año los valores de esas dos hexosas son muy parecidos. La relación glucosa/fructosa alcanza valores prácticamente iguales y es únicamente en 1990 cuando existen diferencias significativas en esa relación entre los dos tratamientos. Los datos obtenidos en esa relación, en los dos tratamientos, durante los tres años, oscilan entre 0,91 y 0,98, valores que son característicos de *Vitis vinifera* y que van a depender en gran medida del tipo de variedad con la que se trabaje.

Se hizo el análisis de varianza con dos factores, tratamiento y año (Tabla 137) en esa fecha de la vendimia, observando que tanto los valores de la glucosa como los de la fructosa van a ser diferentes en función del tipo de tratamiento aplicado, siendo mayores en los dos casos en el regadío con un nivel de significación del 0,01, el año y la interacción de los dos factores afectan a los valores alcanzados. Los valores de la relación glucosa/fructosa van a ser diferentes únicamente en función del año, como ocurría anteriormente a 20 °Brix, por tanto sólo influyen las variaciones estacionales, este hecho coincide con autores como Kliewer (1967), que afirma que en esa relación influye sólo el tipo de variedad y las diferencias climatológicas.

Las concentraciones de azúcares en el momento de la vendimia dependen tanto de la síntesis por parte de la planta como del volumen final de la baya, todo ello a su vez depende de las características que rodean a la planta como son la densidad de vegetación, la disponibilidad de agua, las condiciones microclimáticas de los racimos y la situación geográfica que va a imponer unas condiciones ambientales determinadas de calor, luz, lluvias etc. En nuestro caso la síntesis en el secano a lo largo de los años es muy similar, lo mismo que ocurre en el regadío, lo que indica que las plantas están bien equilibradas siendo siempre menor la síntesis en el tratamiento de secano respecto al regadío.

El hecho de que en los tratamientos de secano las concentraciones de azúcares en el momento de la vendimia sean mayores a medida que transcurren los años en parte es debido a

una disminución del peso de la baya desde 1990 a 1992; mientras que el peso de la baya en el regadío es mayor en los años 1990 y 1992 coincidiendo con los años en los que las concentraciones de glucosa son mayores, esto es debido a una mayor síntesis en esos dos años que superan el efecto de dilución de este tratamiento. Las concentraciones de los azúcares en vendimia son mayores en el regadío y esto implica que ha existido una mayor actividad de la fotosíntesis en este tipo de tratamiento, como ya indica la cantidad de los sólidos solubles totales. Estos resultados se explican mejor con los datos agronómicos que confirman una mayor área foliar y una senescencia más tardía de las hojas en el tratamiento de regadío respecto al de secano, observándose que en 1990 y 1992 la superficie foliar total (en los dos tipos de tratamientos) es mayor que en 1991, esto coincide con los años en los que ha existido una mayor síntesis de azúcares.

Las diferencias de las concentraciones de los azúcares en los dos tratamientos van disminuyendo a medida que avanzan los años y en el último año llegan a invertirse estos valores, este fenómeno que ocurre en 1992 podría ser tanto por unos valores de producción demasiado bajos en el secano lo que favorecería que se alcancen esas concentraciones, bien por poca competencia con posibles brotes anticipados, o bien por un tamaño de baya muy pequeño que concentra los componentes.

Al comparar el efecto producido en los mostos en vendimia con el producido a 20 °Brix se observa que es el mismo, es decir, se ha mantenido un ritmo suficientemente elevado de síntesis de azúcar en el regadío que ha permitido mayor acumulación en este tratamiento respecto al secano. Por tanto como ya se había comentado el riego no retrasa ni perjudica el proceso de maduración.

Estos resultados concuerdan con los de Ballatore y col. (1970) y Bravdo y Hepner (1986) que consideran que el riego durante el periodo de maduración aumenta la cantidad de azúcares, ya que aumenta también el ritmo de fotosíntesis, sin embargo Matthews y Anderson (1988) y Freeman y Kliewer (1980) opinan lo contrario.

Freeman y Kliewer (1980) comparan la cantidad de azúcares en cepas regadas y no regadas, observando que el riego puede retrasar la acumulación de azúcar hasta 36 días en función del nivel de poda y del año, debido a un aumento en la producción. Los efectos del riego sobre la diferencia en la cantidad de azúcares almacenados en cepas regadas o no regadas ocurre en los inicios del desarrollo, posiblemente en el estado II que es cuando se inicia la acumulación de azúcar.

Freeman y Kliwer (1983) comprueban que las viñas con estrés hídrico tienen menores producciones de cosecha que las regadas y esto puede explicar la acumulación más rápida en las primeras. Esto sugiere que el aumento en los sólidos solubles en bayas de viñas no regadas, no es debido directamente a diferencias de producción sino quizás a efectos indirectos causados por el reducido crecimiento de los brotes anticipados.

En general en los tratamientos de regadío existe un mayor crecimiento vegetativo, y por tanto una mayor competencia por los carbohidratos producidos entre los frutos y los tallos anticipados. En nuestro ensayo los tratamientos de regadío a pesar de tener un mayor crecimiento vegetativo ($p \leq 0,01$), expresado por el índice p.m.p. (Kg/m^2) (Bartolomé, 1993) son capaces de producir mostos con mayor cantidad de azúcares, alcanzando en nuestro caso valores comprendidos entre 109-112 g/L para la glucosa y entre 112-120 g/L para la fructosa, mientras que en el secano son valores ligeramente más bajos en las dos hexosas, entre 91-115 y 93-118 g/L respectivamente; esto es debido a que la planta está perfectamente compensada.

Buttrose (1968) mostró que el crecimiento de las bayas y la acumulación de azúcar no se retrasa a pesar de un aumento triple de la producción, siempre que se aumente el área foliar paralelamente. En nuestro caso las producciones en el regadío prácticamente se triplican con respecto a las del secano (el último año es más acusado por afectar más el proceso de estrés hídrico continuado de los tres años) y se observa que el nivel de los distintos azúcares es mayor en el regadío, por tanto la producción no ha diluido sus valores ni ha perjudicado en ese caso el proceso de acumulación de azúcares.

Existen numerosas citas de que el riego puede aumentar (Hardie, 1976; Lombardo, 1973), disminuir (Branas, 1967;) o no tener efecto (Neja, 1977; Oriolani, 1974) en el contenido de azúcares, aunque el exceso de riego puede reducir su contenido, por lo que en todos los estudios es necesario conocer la cantidad de riego que ha sido aplicado.

1.7.1.3.- Acidez total, pH, Tartárico, Málico, relación Tartárico/Málico, y otros índices.

Se han calculado, al igual que anteriormente los valores alcanzados por esos parámetros para los dos tratamientos, cuando el mosto llega al valor de 20°Brix (Tablas 27 y 119).

En ese momento la acidez total es más elevada en el tratamiento de regadío que en el de secano durante los tres años. Las diferencias entre esos tratamientos han resultado ser

significativas, siendo más acusadas en el año 1992 mientras que 1990 y 1991 son prácticamente iguales. El pH viene determinado por la cantidad de iones hidrógeno libres en ese momento, y eso depende del valor de la acidez total, la relación tartárico/málico, y la presencia de cationes, fundamentalmente el potasio. En nuestro caso se sabe que en los años 1990 y 1992 los valores de pH en el secano son mayores a los del regadío y en 1991 ocurre al revés, si bien sólo en el año 1990 se observan diferencias significativas entre los dos tratamientos. Los valores de pH en los años 1990 y 1992 son mayores en el secano coincidiendo con una acidez total en esos dos años menor que en el regadío. En el análisis factorial de tratamiento y año (Tabla 135) se observa que en el caso de la acidez total (g/L) y del pH van a existir diferencias entre los dos tratamientos, siendo superior la acidez en el caso del regadío mientras que el pH es inferior en este tratamiento con un nivel de significación en ambos casos del 0,01. En ambos parámetros los valores no difieren en función del año que se trate, observándose que en el secano a lo largo de los tres años los valores son muy parecidos lo mismo que ocurre con el caso del regadío.

Estos datos coinciden con los encontrados por Bravdo y Hepner (1985) trabajando con la variedad Cabernet Sauvignon. Estos autores encuentran que si se retrasa la vendimia hasta alcanzar sólidos solubles totales comparables, la acidez total era mayor en las cepas regadas. Este efecto de aumento de la acidez con el riego (Smart y col., 1974), pudo ser debido a un descenso de las temperaturas de las viñas regadas por el microclima creado o a una mayor producción de ácido. En nuestro caso el tratamiento de regadío origina estos dos fenómenos, es decir, una mayor síntesis y una menor combustión de ácidos.

La razón de todos estos fenómenos puede encontrarse en el tiempo que tardan los tratamientos ensayados en alcanzar la maduración (20°Brix), es decir, cuanto mayor sea el tiempo necesario, los racimos van a estar un número mayor de días expuestos a la radiación solar, favoreciendo que las temperaturas alcanzadas por el tejido de la baya sean más altas y provocando más intensamente el catabolismo de los ácidos, así se disminuye el valor de la acidez total y se aumenta el pH, que es lo que sucede en el secano. Además del tiempo necesario para llegar a 20 °Brix el tipo de tratamiento elegido va a determinar la mayor o menor intercepción de luz en los racimos y por tanto las temperaturas de éstos diferirán en mayor o menor grado según los casos a las atmosféricas; en el tratamiento de regadío se va a producir un mayor crecimiento vegetativo, un mayor sombreado de racimos, que determinará que las bayas estén sometidas a menores temperaturas, y en consecuencia se producirá una menor metabolización de los ácidos, principalmente del málico.

Estudiando los ácidos de forma individualizada, se sabe que los valores alcanzados por el tartárico van a ser mayores en el tratamiento de regadío que en el de secano en los años 1990 y 1991, mientras que en 1992 ocurre al revés, si bien se puede considerar que no hay diferencias significativas entre los dos tratamientos en esa fecha en ningún año. En el caso del málico y del cítrico ocurre que las cifras que se alcanzan en los tres años son superiores en el caso del regadío frente al secano, considerándose en el caso del málico que hay diferencias significativas entre los dos tratamientos en los tres años, lo mismo ocurre para el cítrico en los años 1990 y 1992 mientras que no van a existir en 1991. En el análisis factorial de tratamiento por año (Tabla 135) se observa que para el tartárico el tipo de tratamiento no incide en los valores alcanzados en ese momento, mientras que en el málico y en el cítrico sí influyen, siendo superiores los valores en el tratamiento de regadío ($p \leq 0,01$) en los dos ácidos; si bien el málico va a tener más importancia en el mosto por las proporciones en relación al cítrico y por su repercusión en el proceso de vinificación, por tanto, a pesar de ser mayor el efecto de dilución con respecto al secano, es mayor la concentración del málico, ya que las cantidades absolutas de este ácido en el regadío son siempre mayores y la disminución se realiza de un modo más lento, así el riego favorece que las cantidades de málico sean superiores. Los valores de los tres ácidos están influidos por el año que se trate independiente del tipo de tratamiento escogido, es decir, influyen las características climatológicas.

Dado que los valores del málico son más bajos en el secano (igual que la acidez total) la relación tartárico/málico a lo largo de los tres años alcanza valores superiores en el secano frente a los del regadío, y además entre esos valores existen diferencias significativas. Matthews y Anderson (1988) confirman altos valores de las relaciones tartárico/málico cuando se practican déficits tempranos de agua.

Si se observa la relación tartárico/suma de ácidos, °Brix/acidez total y azúcares/acidez, se comprueba que en los tres años ocurre lo mismo que con la anterior relación, es decir, los valores en el secano son superiores a los de regadío, siendo mayores las diferencias en 1990, y en los tres años existen diferencias significativas en esos valores. En el análisis de varianza realizado para conocer la influencia del tipo de tratamiento y del año (Tabla 135) se observa que todas las relaciones mencionadas alcanzan valores que son diferentes en función del tipo de tratamiento, siendo los valores superiores en todas ellas en el secano con un nivel de significación del 0,01, además todas ellas no son diferentes en función del año de experimentación excepto la relación tartárico/málico.

Este análisis de varianza para dos factores (tratamiento y año) valora que los parámetros: la acidez total, pH, el málico, cítrico, y las relaciones tartárico/málico, tartárico/suma ácidos y °Brix/acidez total están afectados por su interacción.

En vendimia (Tablas 28 y 120) es importante que los valores de acidez sean altos (o lo que es lo mismo valores de pH bajos) para el posterior proceso de la vinificación, ya que son parámetros de buena calidad. En nuestro caso los valores finales de pH están comprendidos entre 3,28-3,64 para el tratamiento de secano y de 3,10-3,59 para el de regadío, mientras que los de la acidez total (g/L) se encuentran entre 3,91-4,78 para el secano y entre 4,84-5,45 para el regadío. Se observa que los valores de acidez total son mayores en el regadío que en el secano en los tres años, existiendo en los tres años diferencias significativas, además es importante el hecho que a medida que avanzan los años en el tratamiento de regadío la acidez total ha ido aumentando, el microclima característico ha beneficiado el que se alcancen valores cada vez mayores. En el caso del pH se observa que los valores en el tratamiento de secano son mayores a los de regadío en los tres años, siendo las diferencias mayores a medida que avanzan los años y existiendo diferencias significativas en los años 1991 y 1992. En el análisis factorial de tratamiento y año (Tabla 137), se comprueba que tanto los valores finales de pH como los de acidez total están influidos por las condiciones del tratamiento aplicado, siendo los valores de acidez superiores en el regadío y los valores de pH inferiores en este tipo de tratamiento con un nivel de significación del 0,01 en los dos casos.

Nuestros valores coinciden con algunos autores quienes observan que cuando se vendimian viñas regadas y sometidas a estrés hídrico en la misma fecha, las primeras tienen sólidos solubles totales más bajos y acidez total más alta (Vaadia y Kasimatis, 1961; Freeman, Lee y Turkington, 1980; McCarthy y Coombe, 1983; Antonacci, 1985; Bravdo y col., 1985; Hepner y col., 1985; Van Zyl, 1985). Sin embargo, Bravdo y col. (1985) no encontraron diferencias significativas en el valor del pH en función del riego.

Los valores de la acidez y del pH son también significativamente diferentes en función del año que se trate, teniendo en cuenta que este término del año engloba todas las condiciones que rodean a la planta. Las condiciones climatológicas, características de zonas templadas, que afectan a nuestro ensayo no han superado durante el periodo de maduración de las bayas temperaturas medias de 25 °C. De aquí que los valores de acidez obtenidos no sean muy bajos, siendo los valores en el regadío superiores debido a las condiciones microclimáticas producidas por el desarrollo vegetativo característico. Así el mayor crecimiento vegetativo (Cuadro VII de la

Parte Experimental) que se desarrolla en el caso del tratamiento de regadío respecto al de secano, permite que los racimos se encuentren más protegidos de la luz solar; estas bajas temperaturas favorecen una menor respiración de los ácidos con la consiguiente mayor concentración de éstos en el mosto. El valor del pH no sólo tiene valores inferiores en el tratamiento de regadío debido a una mayor cantidad de ácidos sino que se debe estudiar la presencia de los cationes que salificarían esos ácidos; en nuestro caso son menores en el regadío. La producción por parte de las cepas es un dato importante ya que puede alterar los valores de acidez, la mayor producción obtenida en el regadío respecto al secano no ha conseguido diluir la cantidad de ácidos sino que ha mantenido valores superiores en el regadío. Se ha observado que existe una interacción de los dos factores, tratamiento y año, sobre los valores de pH y acidez.

Los valores de acidez total se deben principalmente a la presencia mayoritaria de tres ácidos orgánicos, tartárico, málico y cítrico, por lo que su estudio de forma individualizada nos da idea de su aportación al valor final de la acidez. En el caso del tartárico, los valores son mayores en el secano frente al regadío en 1990 y 1991, mientras que ocurre lo contrario en 1992, existiendo diferencias significativas únicamente en 1990. En el caso del málico y cítrico, las concentraciones son mayores en el regadío frente al secano durante los tres años, existiendo diferencias significativas en los años 1990 y 1992. En el análisis de varianza de dos factores, tratamiento y año (Tabla 137), se observa que tanto el málico como el cítrico en el momento de la vendimia alcanzan valores diferentes según el tipo de tratamiento empleado, siendo los valores mayores en el regadío con un nivel de significación del 0,01 y 0,05 respectivamente, mientras que los valores del tartárico no son distintos en función del tratamiento ya que sólo influyen las variaciones estacionales. Debido a las condiciones climatológicas, al desarrollo vegetativo y a la producción de la planta ya comentadas, se observa que el málico es el ácido más afectado según el tipo de tratamiento utilizado, ya que el tartárico es un ácido más estable, debido a los procesos de salificación o a que las temperaturas no le afecten demasiado o bien porque carecen de un sistema enzimático conocido que lo degrade, y el cítrico no va a tener un papel transcendental por las cantidades finales que alcanza. El tartárico no va a variar mucho según los tratamientos, por tanto los valores de málico son los que van a condicionar en gran medida los valores de la acidez total y que éstos sean menores en el secano.

El riego favorece una mayor densidad del canopy causando dos efectos importantes, una protección de los racimos frente a la radiación solar y por tanto frente a las altas temperaturas originando una menor combustión y una menor transpiración que favorece un mayor volumen de

la baya con el consiguiente efecto de dilución, el hecho de que en el regadío las concentraciones de málico y cítrico sean superiores al secano indican que se ha producido una menor disminución en sus valores y el efecto de dilución no ha sido suficiente para disminuir la concentración final. Varios autores, Buttrose y col. (1971), Crippen y Morrison (1986), observaron los mismos resultados, es decir, una disminución más lenta del málico en el caso de racimos a la sombra frente a los más expuestos a la radiación solar.

Según Bravdo y col. (1985) la acidez total de los mostos disminuye (tanto de tartárico como de málico) al aumentar la producción. El pH se mantuvo sin variación, probablemente debido al descenso del potasio paralelo a los aniones. El tartárico apenas varió entre los distintos tratamientos de aclareo. La acidez total fue principalmente afectada por el contenido del málico, que fue menor en los tratamientos control y alto en los de aclareo severo. La relación tartárico/málico fue influenciada principalmente por los cambios de málico, aunque éste no varió entre los tratamientos.

Para los tres ácidos se observa que los valores son diferentes significativamente en función del año que se trate. El resultado de la combustión de los ácidos, el tipo de ácidos que permanezcan y la proporción de salificación de los mismos hace que en nuestro caso los valores de pH sean mayores en los tratamientos de secano, así por ejemplo en los años 1990 y 1991 en el secano los valores de acidez total son menores, y aunque la concentración de tartárico sea mayor en estos años también lo es la de potasio en 1990 que es el año cuando únicamente existen diferencias significativas en el valor de tartárico. Los valores de los distintos ácidos son importantes para obtener un mosto con una serie de componentes compensados.

En el caso de las relaciones tartárico/málico y tartárico/acidez total, durante los tres años, los valores en el secano son superiores al regadío, siendo mayores las diferencias en el año 1992, debido a que en este año la disminución del málico es mayor, si bien sólo existen diferencias significativas en 1990 y 1992. Los valores al final de la maduración son diferentes en función del tratamiento, siendo superiores los del secano ($p \leq 0,01$), además en los dos casos aparecen diferencias según el año de que se trate.

Los valores de la relación °Brix/acidez, son mayores en el regadío en los años 1990 y 1992, mientras que en 1991 ocurre lo contrario, no existiendo en ninguno de los tres años diferencias significativas entre los dos tratamientos en ese momento, los valores obtenidos oscilan entre 4,2-6,3. En el caso de los valores de la relación azúcares/acidez total van a ser mayores en el regadío que en el secano en los años 1990 y 1991, y mayores en el secano en 1992, existiendo

sólo diferencias en 1991 y 1992, los valores de esta relación para estos tratamientos oscilan entre 21,5-38,2 para el secano y entre 24,8-38,5 para el regadío. En ninguna de esas relaciones existen diferencias entre tratamientos.

Comparando los valores de la vendimia con los obtenidos a 20 °Brix se comprueba que coincide que los valores en esas dos fechas para la acidez total, el málico y el cítrico son distintos según el tratamiento siendo mayores en el regadío frente al secano, y mayor en el secano para el pH, no existiendo diferencias entre tratamientos para el tartárico. Las relaciones tartárico/málico y tartárico/acidez se comportan igual en las dos fechas mientras que en el caso de °Brix/acidez total y azúcares/acidez se observa que a 20 °Brix existen diferencias entre tratamientos siendo mayores los valores en el secano ($p \leq 0,01$), mientras que en el momento de la vendimia no existen diferencias en esos valores según el tratamiento empleado, se han compensado las diferencias entre los tratamientos al avanzar el tiempo.

En el análisis multifactorial, para tratamiento y año, se comprueba que sólo los valores de pH, acidez total, málico, cítrico, así como las relaciones tartárico/málico y azúcares/acidez, existen diferencias por la interacción de los dos factores.

1.7.1.4.- Fracción mineral: K, Ca, Mg, Na.

Los valores alcanzados al llegar a 20 °Brix (Tablas 27 y 119), por el potasio son mayores en el tratamiento de secano que en el de regadío durante los tres años, mientras que en el caso del sodio ocurre lo contrario, es decir, son más altos en el tratamiento de regadío, sin embargo para ambos cationes sólo existen diferencias significativas en 1990. En el caso del calcio los valores son superiores en el secano durante los años 1991 y 1992, siendo mayor la diferencia en 1992 además de ser significativamente diferente, en 1990 ocurre lo contrario pero no existen diferencias. Para el magnesio se comprueba que sólo en 1991 los valores en el secano son mayores que en el regadío, aunque es el único año donde no existen diferencias significativas entre los valores.

En el análisis factorial, tratamiento y año (Tabla 135), se ve que los valores para el caso del potasio, del sodio, y del magnesio, son diferentes en función del tratamiento, siendo en el caso del potasio los valores mayores en el secano ($p \leq 0,01$) mientras que en el caso del sodio y del magnesio los valores son superiores en el regadío con un nivel de significación de 0,05 y 0,01 respectivamente; por último en el caso del calcio no se aprecian diferencias entre los dos

tratamientos. Los valores obtenidos por los cuatro cationes a 20 °Brix son distintos por la acción del año y por la interacción de los dos factores.

Hepner y col. (1985) observaron que los valores de calcio, magnesio y sodio descendían a medida que la producción era menor, en nuestro caso los valores de sodio y magnesio coinciden con sus datos mientras que en los valores de calcio no se aprecian diferencias.

En el momento de la vendimia (Tablas 28 y 120) los valores para el potasio son mayores en el tratamiento de regadío en los años 1991 y 1992, sucediendo lo contrario en 1990 y sólo en este año existen diferencias entre esos valores. Los valores de calcio y de sodio en el secano son mayores durante los años 1991 y 1992, si bien en el caso del calcio las diferencias existen sólo en 1992, mientras que en el sodio tanto en 1992 como en 1990. El magnesio muestra cómo en 1990 y 1991 los valores en el secano son superiores a los de regadío, pero en ningún año existen diferencias significativas.

En el análisis factorial, tratamiento y año (Tabla 137), se observa que los valores alcanzados por el calcio y el sodio son diferentes en función del tratamiento, siendo superiores en el secano con un nivel de significación del 0,01 y 0,05 respectivamente, mientras que en el caso del potasio y del magnesio no existen diferencias significativas entre tratamientos. Los valores de los cuatro cationes son distintos en función del año, es decir, sólo afectan las diferencias estacionales y todos, excepto el magnesio, tienen valores distintos por la interacción de los dos factores.

En nuestros ensayos los tratamientos de regadío alcanzaron una producción significativamente mayor que los de secano (Cuadro VII de la Parte Experimental), por lo que los efectos de la producción son indirectos a través del riego. El riego ha favorecido una mayor cantidad de potasio por baya en todos los años por una posible absorción y migración mayor, si bien el tamaño de baya superior en este tratamiento ha diluido el potasio hasta valores que no son significativamente distintos entre tratamientos en el momento de la vendimia. A diferencia de esto Boulton (1980) observó que a mayor producción y riego los valores de potasio alcanzados eran mayores.

Comparativamente se observa que tanto en el momento de la vendimia como a 20 °Brix, todos los cationes modifican sus valores en vendimia así como sus niveles de significación, de modo que por ejemplo el potasio que a 20 °Brix alcanza valores diferentes en función del tratamiento elegido cuando se le deja madurar hasta el momento de la vendimia transcurre un

tiempo que hace que los valores se igualan entre los dos tratamientos, el sodio invierte los valores, el calcio supera en el secano y el magnesio se equilibra.

1.7.1.5.- Fracción nitrogenada: Prolina.

En el estudio de los valores que adquiere la prolina en el mosto cuando éste alcanza los 20°Brix (Tablas 27 y 119), se ve que en 1991 y 1992 los tratamientos de secano tienen valores superiores a los de regadío, siendo mayores las diferencias en el 1992, y únicamente en este año existen diferencias significativas con esas cifras, en el 1990 ocurre al revés pero sin diferencias entre tratamientos. En el análisis factorial, de tratamiento y año (Tabla 135), se ve que los valores son diferentes en función del tratamiento, siendo superiores los valores en el secano con un nivel de significación del 0,05; los valores no son distintos en función del año pero sí existen diferencias por la interacción de los dos factores.

En el momento de la vendimia (Tablas 28 y 120) los valores en el secano son mayores a los de regadío en 1991 y 1992, mientras que en 1990 los valores en el regadío son mayores si bien sólo en 1991 se considera que no existen diferencias significativas en los valores alcanzados, esto es lo mismo que lo que ocurría en los valores a 20 °Brix. En el análisis factorial, de tratamiento y año (Tabla 137), se observa a diferencia de lo que pasaba a 20 °Brix, que los valores no son diferentes según el tratamiento empleado pero sí son distintos en función del año y de la interacción de los dos factores, es decir, se han compensado los efectos del tratamiento al dejar que se llegase a una concentración de azúcar mayor.

Estos resultados coinciden con los hallados por Coombe y Monk (1979), que no observaron diferencias en las concentraciones de prolina en función del estrés hídrico al que se sometió a la planta. Según Ribéreau-Gayon (1975) la cantidad de nitrógeno de las bayas en la vendimia es característico de la variedad estudiada.

Kliewer y Ough (1970) relacionaron la cantidad de prolina en función de la carga de cosecha y con el área foliar, en este sentido se llega a los mismos resultados, ya que en nuestro caso la relación entre la superficie foliar y la producción es mayor en el secano que en el regadío con diferencias significativas, es decir, existe una menor competencia por el nitrógeno entre las bayas porque hay menor cantidad a las que distribuir ese componente, y en el secano la concentración será mayor. Las cepas con elevada producción se caracterizan por retraso en la maduración, bayas pequeñas, altas relaciones °Brix/acidez en un momento dado, pobre coloración

de la fruta etc. Winkler (1954) mostró que las frutas de cepas con relaciones altas de área foliar/peso cosecha, eran de mayor calidad que las de las relaciones bajas.

1.7.1.5.- Compuestos Fenólicos.

El estudio de los valores alcanzados por estas sustancias, así como por las absorbancias a las distintas longitudes de onda cuando el mosto llega a 20°Brix, se encuentran en las Tablas 27 y 117.

Se observa que las densidades ópticas a 520 nm y 420 nm durante los tres años son mayores en el tratamiento de secano que en el de regadío, encontrándose diferencias significativas entre tratamientos en los tres años para las absorbancias a 420 nm, mientras que a 520 nm aparecen diferencias en 1990 y 1992. Con estos datos de absorbancias se calcula la intensidad y tonalidad colorante de los mostos, observando que la intensidad durante los tres años es mayor en el tratamiento de secano que en el de regadío existiendo diferencias entre tratamientos en los tres años. En el caso de la tonalidad los valores en el secano son superiores a los de regadío en los años 1990 y 1992, si bien dichas diferencias sólo son significativas en 1990.

En relación a los polifenoles totales los valores en los años 1990 y 1991 son mayores en el tratamiento de secano que en el de regadío, a diferencia de lo que ocurre en 1992, siendo sólo en este último año cuando existen diferencias significativas entre tratamientos. Los antocianos totales en el mosto llegan en 1991 y 1992 a cifras mayores en el secano que en el regadío, siendo mayores las diferencias en 1992; sin embargo únicamente en 1990 aparecen diferencias significativas entre tratamientos. Finalmente los taninos totales alcanzan cifras en el regadío superiores a las del secano en los años 1990 y 1992, siendo mayor la diferencia en 1990, además sólo van a existir diferencias entre tratamientos en este año.

En el análisis factorial, de tratamiento y año (Tabla 135), se aprecia que las absorbancias alcanzadas a 520 nm y 420 nm son diferentes en función del tratamiento escogido, siendo los valores del secano superiores a los del regadío tanto a 520 como a 420 nm, con un nivel de significación en ambos casos de 0,01; sin embargo, sólo en el caso de los valores a 420 nm, se consideran significativamente diferentes en función del año que se trate. La intensidad colorante alcanza valores diferentes en función del tipo de tratamiento, siendo superior en el caso del secano ($p \leq 0,01$), mientras que la tonalidad colorante adquiere valores que no difieren según el tratamiento aplicado; además se observa que si bien la intensidad llega a cifras que son distintas

en función del año, la tonalidad no se va a ver afectada por dicho factor. La interacción conjunta de ambos factores sólo ha incidido en el caso de las absorbancias a 420 nm y en el de la tonalidad.

En el análisis factorial de tratamiento y año aplicado a los polifenoles, antocianos, y taninos totales, se observa que los valores no difieren en función del tratamiento ni tampoco del año, comprobando que sólo se ven afectados por la interacción de los dos factores.

En el momento de la vendimia (Tablas 28 y 120), las densidades ópticas a 520 nm durante los tres años fueron en el secano superiores a las del regadío, existiendo sólo en 1990 diferencias entre ambos tratamientos. Las absorbancias a 420 nm en el secano son mayores a las de regadío en 1990 y 1992, existiendo diferencias únicamente en 1990 entre los dos tratamientos, como en el caso de las absorbancias a 520 nm. La intensidad colorante alcanza durante los tres años niveles más altos en el secano respecto al regadío, siendo las diferencias superiores en 1990, y sólo en este año las diferencias entre tratamientos son significativas. La tonalidad colorante tiene valores en el secano mayores a los de regadío excepto en 1991, si bien en este año las diferencias son mínimas; se considera que sólo en 1992 no existen diferencias entre estos valores.

Los polifenoles totales llegan a cifras superiores en el secano que en el regadío durante 1990 y 1991, aunque en los tres años no aparecen diferencias significativas en estos valores. Los valores de los polifenoles totales en los tres años y en los dos tipos de tratamientos oscilan entre 300 y 430 mg/L, estos datos se encuentran dentro del orden ya analizado en otras variedades como la Cencibel (700 mg/L) o la Garnacha (400 mg/L) (Gonzalez, 1989). En el caso de los antocianos totales las cifras son superiores en el regadío que las del secano en 1990 y 1992, siendo las diferencias mayores en 1990, si bien desde el punto de vista estadístico se considera que no existen diferencias entre los tratamientos en ninguno de los años. Los datos en vendimia de los taninos totales en el regadío son superiores a los del secano en los años 1990 y 1991, mientras que en 1992 ocurre al revés, si bien las diferencias de valores son mínimas y sólo en 1990 existen diferencias significativas en esos valores.

En el análisis factorial, tratamiento y año (Tabla 137), se observa que las absorbancias a 520 nm y 420 nm son distintas en función del tratamiento siendo en los dos casos los valores superiores en el secano con un nivel de significación del 0,05 y 0,01 respectivamente. La intensidad colorante también es distinta según el tratamiento escogido siendo los valores de esa relación superiores en el secano ($p \leq 0,01$), mientras que la tonalidad no es diferente en función del tratamiento. En estos cuatro parámetros analizados los valores son distintos en función del año

que se trate, excepto en el de las absorbancias a 520 nm, es decir, las coloraciones rojas del mosto en vendimia no van a depender exclusivamente del tipo de tratamiento que se utilice.

En este estudio de varianza aplicado a los cuatro factores del color de los mostos se observa que sus datos siempre varían en función de la interacción del tratamiento y año.

En nuestro caso la intensidad colorante del mosto es mayor en el caso del tratamiento de seco y por tanto el color que adquieran los vinos elaborados a partir de este tipo de mostos tendrán una mayor intensidad. Es necesario considerar que el color que se ha analizado es el obtenido de un proceso de estrujado rápido de las bayas con la consiguiente ruptura de las células del hollejo y una pequeña solubilización de las sustancias responsables del color, por lo que la información más completa acerca del color potencial de esos mostos y los posteriores vinos, se obtendrá de los datos referentes al color en los hollejos analizados. El que la intensidad sea superior en el caso del seco es debido a un proceso de concentración por el menor tamaño de las bayas, ya que en el caso del tratamiento de regadío la producción es bastante mayor que en el seco así como el tamaño de baya, lo que ha podido repercutir en el nivel de dilución que hace que los valores del color sean mayores en el seco.

En el análisis de varianza para dos factores, tratamiento y año, los datos de polifenoles totales y antocianos totales conseguidos no son diferentes en función del tratamiento, mientras que los valores alcanzados por los taninos totales sí van a ser significativamente superiores ($p \leq 0,01$) por el regadío respecto al seco. Sin embargo, los resultados obtenidos por estos compuestos no van a ser diferentes en función del año, salvo en el caso de los antocianos, que han sido afectados por las diferencias estacionales. La interacción de los dos factores, no ha sido significativa en ningún caso.

Para cualquier variedad de uva con la que se trabaje, los tipos de cultivo y los factores ambientales influyen tanto en la composición fenólica como en la concentración en el momento de la vendimia, pero son más las características físicas de las bayas que las químicas las que parecen tener un mayor efecto en la concentración fenólica en el mosto y posteriormente en el vino (Somers, 1986). Así pequeñas diferencias en el tamaño de la baya, tienen grandes efectos en la relación pulpa/hollejo, con implicaciones importantes para la concentración fenólica (Bourzeix y col., 1977; Champagnol, 1977); por tanto en vendimia no sólo la intensidad colorante de un mosto (o vino) depende de la concentración de antocianos y fenoles sino del tamaño de la baya.

Piretti (1980) trabajando con bayas de la variedad Trebiano, observó que existía una elevada correlación entre las lluvias producidas y los descensos en la concentración fenólica, probablemente debido a un aumento del tamaño de la baya.

Singleton (1966) da una mayor importancia metabólica a estos compuestos fenólicos que la que hasta entonces se había considerado, ya que se suponía que eran productos de desecho almacenados, como fue el caso de los taninos que se encontraban en cantidades considerables en las uvas.

Si comparamos los datos obtenidos en el análisis de varianza de dos factores (tratamiento y año) en el momento de la vendimia y a 20°Brix se observa que en el caso de las dos absorbancias (520 y 420 nm) y de la intensidad colorante se mantienen las diferencias significativas, siendo en los dos momentos especificados los valores superiores en el secano frente al regadío, mientras que la tonalidad sigue alcanzando valores que no son significativamente diferentes entre los dos tratamientos. La planta ha mantenido el nivel de síntesis de compuestos responsables del color rojo hasta el final de la maduración en los dos tratamientos, pero estos compuestos están más concentrados en este tratamiento que en el regadío.

1.7.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.

Se estudian en estos dos tipos de tratamientos los distintos componentes cuando el mosto alcanza 20 °Brix (Tabla 73), y así conocer si se afecta la calidad del mosto en función de la estructura geométrica que presente el viñedo.

En nuestro caso se observa que el tratamiento en vaso en 1990 y 1992 necesita para alcanzar ese grado de maduración un número de días desde el desborre muy similar, superior al requerido en 1991, sin embargo en la espaldera los días empleados durante los tres años son muy parecidos (Figura 42). En cualquiera de los años de ensayo sucede que el tratamiento en espaldera necesita mayor número de días que el vaso para alcanzar ese mismo nivel de azúcar, si bien a través del análisis de varianza se comprueba que únicamente en los años 1991 y 1992 van a existir diferencias significativas entre tratamientos en esas fechas. El análisis factorial, tratamiento y año, indica que las fechas alcanzadas van a ser distintas en función del tratamiento, siendo el sistema de conducción en espaldera el que necesita un mayor número de días ($p \leq 0,05$), por tanto la espaldera retrasa la maduración con respecto al vaso, debido a la propia estructura

de la espaldera alejada del suelo, con solapamiento de las hojas perjudicando una mayor actividad fotosintética. También se observa que el año influye en el número de días que se tardan en alcanzar la maduración ($p \leq 0,01$) mientras que la interacción de ambos factores no afecta significativamente; por tanto esas fechas en cada tratamiento y año se modifican según las condiciones ambientales y las microclimáticas.

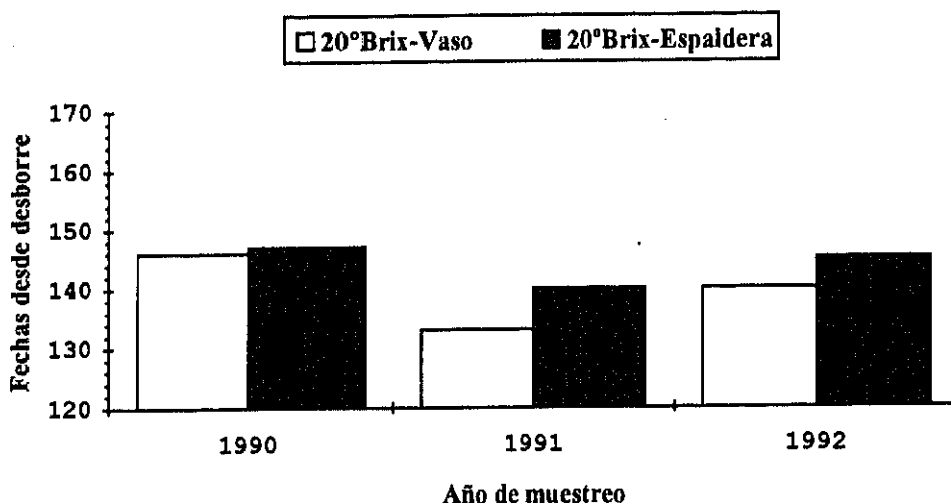


Figura 42.- Fechas en las que se alcanzan los 20 °Brix durante los tres años, en los dos tratamientos.

Rojas-Lara y Morrison (1989) observaron un retraso en la acumulación del azúcar al aumentar el sombreado del canopy, al igual que otros muchos autores (Kliewer y Lider, 1978; Shaulis y Smart, 1974; Reynolds, 1986). La fruta expuesta al sol tiene mayor concentración de azúcares que la totalmente sombreada, gracias principalmente a las hojas próximas a los racimos.

Reynolds (1986) encontró mayores concentraciones de sólidos solubles totales en los racimos al sol, mientras que Kliewer y Lider (1970) les ocurrió lo contrario.

En el caso de no fijar la vendimia en función de una cantidad de sólidos solubles totales, cada tratamiento obtiene una cantidad diferente de °Brix en cada uno de los años estudiados (Figura 43). Se comprueba que tanto en el vaso como en la espaldera los sólidos solubles en cada año son muy parecidos, siendo los valores en el vaso superiores a los de la espaldera durante los tres años de ensayo, si bien únicamente existen diferencias significativas en el año 1990. En el análisis de varianza de dos factores, tratamiento y año (Tabla 120), se observa que los valores de los sólidos solubles totales son diferentes en función del tipo de tratamiento elegido (siendo

superior en el vaso) y del año, con un nivel de significación en ambos casos del 0,05, pero no por la interacción de los dos factores. Por tanto el sistema de conducción y poda del viñedo influye en el total de azúcares alcanzados por las bayas al final de la maduración, ya que un particular sistema de conducción representa un único microclima.

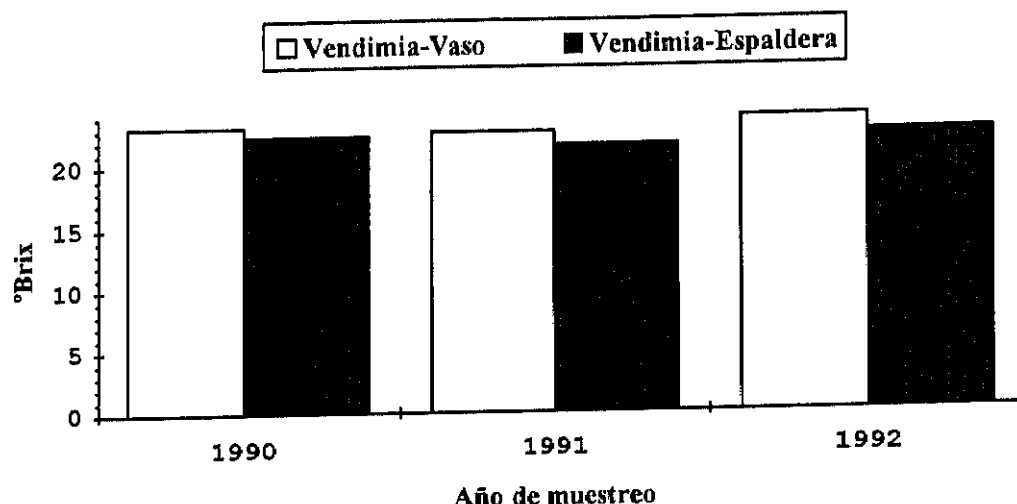


Figura 43.- Sólidos solubles totales en el momento de la vendimia en los dos tratamientos, durante los tres años.

En el tratamiento en espaldera las cepas tienen un crecimiento vegetativo mayor que en el del vaso, expresado por p.m.p. o por el índice SFE/SFT (Cuadro VII de la Parte Experimental), si bien los valores no son significativamente distintos, lo que implica que la densidad del canopy es muy parecida en los dos sistemas de conducción. La actividad fotosintética realizada por el área foliar expuesta permite que en el tratamiento en vaso el valor alcanzado de los sólidos solubles sea significativamente superior, como ya se comentó.

La producción (Kg/m^2) es significativamente mayor en el tratamiento en espaldera que en el vaso únicamente en 1992 mientras que en los otros dos años los valores son iguales (Cuadro VII de la Parte Experimental), por tanto el aumento de la producción en 1992 en la espaldera no ha perjudicado la producción de azúcares ya que no existen diferencias significativas entre tratamientos en ese año, mientras que en 1990 a igualdad de producción sí existen diferencias significativas en el nivel de SST, debido a que en el vaso se ha sintetizado una mayor proporción de azúcares.

Se han estudiado unos índices que relacionan el crecimiento vegetativo con la producción (relación área foliar/producción) es importante puesto que permite controlar que exista una adecuada superficie foliar capaz de realizar una adecuada actividad fotosintética para producir suficiente cantidad de azúcares en todos los racimos presentes. En el Cuadro VII (Parte Experimental) se indica que los valores son mayores en la espaldera que en el vaso (1990 y 1991), produciéndose el fenómeno contrario en 1992, si bien no se considera que existan diferencias significativas en esos valores en ningún año (Baeza, 1994). Respecto al índice de Ravaz (producción/crecimiento vegetativo) ocurre lo mismo que anteriormente, es decir, los valores son mayores en el vaso en 1990 y 1991, mientras que en 1992 es superior en la espaldera, sin existir diferencias significativas.

Los valores finales de °Brix a los que se llega en cualquiera de esos dos tratamientos está entre cifras de 21,6 y 23,8. El hecho de que los valores en el vaso sean superiores a los de la espaldera puede estar en parte condicionado por la actividad fotosintética, esto puede ser debido a que el vaso tiene una estructura geométrica que permite que su área foliar tenga una intercepción de la radiación solar superior a la espaldera, ya que en éste último caso las hojas están más solapadas y no aprovechan al máximo esa intensidad de radiación.

Al comparar los niveles de azúcares en cada tratamiento en esas dos fechas estudiadas, 20 °Brix y vendimia, se observa que el sistema en vaso ha sintetizado más cantidad de azúcares durante ese periodo de tiempo y ha superado a la espaldera, por tanto según el momento elegido de vendimia tendremos más o menos azúcares en función del sistema de conducción aplicado.

1.7.2.1. Peso y volumen de 100 bayas

Se han calculado todos esos parámetros cuando el mosto alcanza un nivel de azúcares en ambos tratamientos de 20 °Brix (Tablas 73 y 119). Se observa que en 1990 y 1991 los valores alcanzados en el tratamiento en vaso son superiores mientras que en 1992 ocurre lo contrario, si bien no existen diferencias significativas en ningún año. En el análisis de varianza, tratamiento y año (Tabla 135), se comprueba que sólo el año influye en los valores de peso alcanzados

En el momento de la vendimia (Tablas 74 y 120) sucede lo mismo que ocurría para 20 °Brix, es decir, los valores en el vaso superan a los de la espaldera en los dos primeros años pero sin diferencias significativas en ninguno de ellos. En el análisis de varianza, tratamiento y año (Tabla 137), se comprueba que los valores de peso están influidos por el año y la interacción de los dos factores.

la radiación solar, esa iluminación es muy importante porque afecta a las bayas desde la floración a la maduración final. El tratamiento en espaldera supone una mayor ventilación y exposición de los racimos a la luz solar y por tanto mayores temperaturas de las bayas con las consiguientes deshidrataciones. En nuestro caso, aunque no existen diferencias significativas entre ambos tratamientos, se ha comprobado que la concentración de azúcares en la espaldera es mayor que en el vaso. Estos resultados son parecidos a los obtenidos por Zoecklein y col. (1992), que afirman que el aumento de la exposición de los racimos al sol, bien por defoliación bien por modificación en el sistema de conducción, puede aumentar la concentración de sólidos solubles totales, como consecuencia de un menor contenido de agua de la fruta expuesta a radiación solar.

En el momento de la vendimia (Tablas 74 y 120) se confirma que los valores alcanzados por la glucosa y la fructosa durante los tres años, van a ser mayores en el tratamiento en vaso que en el de espaldera, si bien para las dos hexosas sólo aparecen diferencias significativas entre tratamientos en 1991. Las cifras conseguidas por la fructosa van a ser mayores a las de la glucosa durante los tres años y con respecto a los dos tratamientos; así los valores de la relación glucosa/fructosa van a ser muy semejantes e inferiores a la unidad en los tres años (0,91-0,98 para los dos tratamientos), no existiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos en ningún año; dichas cifras se consideran normales dentro de las variedades de *Vitis vinifera*.

Las concentraciones finales de azúcares en las bayas dependen de la variedad, el clima, así como del conjunto de las técnicas de cultivo aplicadas. Así, la mayor capacidad de síntesis del sistema de conducción en vaso origina que las concentraciones de las dos hexosas sean mayores en dicho sistema, debido a una mayor actividad fotosintética por parte de la superficie foliar de este tratamiento (Baeza, 1994). Los distintos sistemas de conducción también influyen en el desarrollo vegetativo a través de la aplicación de los distintos métodos de poda. El vaso se caracteriza por una estructura geométrica globosa y al estar las cepas dispuestas con una orientación Norte-Sur se favorece una intercepción luminosa durante todo el día, mientras que en la espaldera al tener una estructura dispuesta en un plano vertical y la misma orientación Norte-Sur a pesar de tener mayor superficie foliar total, sólo una parte de esas hojas trabaja durante ciertos periodos del día. Además, la presencia de esa mayor área foliar en la espaldera, supone una mayor competencia por los carbohidratos, más que proporcionar una mayor cantidad de azúcares a los racimos, disminuyendo así las concentraciones en éstos.

Es muy importante la relación hojas/frutos de los distintos sistemas de conducción por su repercusión en la composición del mosto, así en la espaldera dicha relación es más favorable

durante los años 1990 y 1991, si bien es necesario tener en cuenta que no todas las hojas tienen la misma actividad fotosintética porque no están igualmente iluminadas, ya que en el vaso las hojas próximas a los racimos están muy bien iluminadas favoreciendo la translocación de los azúcares sintetizados, mientras que en la espaldera las hojas mejor iluminadas son las superiores que no son las que están próximas a los racimos.

Esa relación se modifica al incidir en los niveles de producción mediante la poda o el aclareo de racimos, o sobre la superficie foliar mediante procesos de defoliación selectivos; el problema de estos ensayos de campo está en que las modificaciones dentro del canopy son difíciles de excluir. Jackson (1986) encontró una correlación significativa y positiva entre esta relación hojas/bayas y el valor de °Brix, observando que a medida que aumenta el valor de esa relación, por una eliminación artificial de las bayas, disminuye el coeficiente de correlación, es decir, el valor de la superficie foliar deja de ser un factor limitante. El mínimo nivel de superficie foliar depende probablemente de la iluminación efectiva de las mismas, dentro de un canopy con pocas hojas interiores. Smart (1980) encontró para esa relación un valor apropiado de 6,2 cm²/g, mientras que Jackson (1986) lo sitúa en 10 cm²/g., siendo éste el valor por encima del cual un aumento de superficie total no aumenta la cantidad de azúcar. Aunque valores elevados de estas relaciones producen mayores cantidades de azúcares, es necesario conocer además cómo afecta este tipo de manipulaciones a los distintos componentes; así Smart (1980, 1985) observa que el sombreado de las hojas de las cepas produce valores elevados de pH y bajos de acidez como consecuencia de canopies muy densos y con gran vigor.

Jackson (1986) observa que existe una correlación alta entre niveles elevados de producción con los retrasos esperados en la maduración o disminución en la cantidad de azúcares. Además elevadas producciones disminuyen el crecimiento vegetativo (Winkler y col., 1974) como es el caso de una disminución del área foliar. Así para que se produzcan efectos directos en la composición de la baya o indirectos, a través de sus efectos en el área foliar, se debe realizar un aclareo en la fase inicial de crecimiento. Stanley y col. (1991) indican distintos modos en los que un sistema de conducción aumenta la producción: aumento del desarrollo vegetativo que aumente el número de yemas mediante una determinada poda, luz que penetra en las cepas y que influye en los distintos procesos fisiológicos como son el cuajado de las bayas.

En nuestro caso el sistema de poda y de conducción de la superficie foliar no ha afectado significativamente a la cantidad de sólidos solubles totales. Así mismo, Reynolds y col. (1985) no

encuentran una relación directa entre la exposición de los racimos y la proporción de °Brix, sino de los SST con la producción.

En el estudio por el análisis de varianza de dos factores, tratamiento y año (Tabla 137), en el momento de la vendimia, se manifiesta que tanto para la glucosa como para la fructosa los valores no son distintos ni en función del año, ni del tratamiento, ni por la acción conjunta de los dos. En cambio en la relación de las dos hexosas (glucosa/fructosa) sólo influye el año que se trate, es decir, las condiciones climatológicas son las que afectan a los valores finales alcanzados por esa variedad. Por tanto el sistema de conducción no influye en la cantidad de azúcares alcanzados en el momento final de la maduración, esto es importante a la hora de elegir el tipo de poda a realizar en función de las ventajas que cada sistema aporte. Aunque no existan diferencias, las concentraciones de las dos hexosas son mayores en el vaso frente a la espaldera debido posiblemente a una menor competencia con los tallos anticipados, y a una menor producción con respecto a la espaldera que permite que se alcancen cantidades superiores de los azúcares.

Según Kliwer (1967), Johnson y Carroll (1973), Carroll y Marcy (1982), Navarro y col. (1987), los valores en el envero de esa relación son próximos a la unidad, mientras que las uvas maduras tienen generalmente un exceso de fructosa y mantienen los valores de esa relación inferiores a uno.

Al comparar los datos obtenidos en esas dos fechas de maduración se ha observado que los valores de las dos hexosas en el mosto a 20°Brix son mayores en la espaldera frente al vaso, mientras que en vendimia ocurre lo contrario, esto indica que el ritmo de acumulación de azúcares en el vaso ha sido superior al de la espaldera a partir de ese nivel de referencia en azúcares hasta el final de la maduración, igualándose al final los valores.

1.7.2.3.- Acidez total, pH, Tartárico, Málico, relación Tartárico/Málico, y otros índices.

Al igual que anteriormente se comparan los datos finales de estos parámetros con los calculados para ese estándar de maduración, 20°Brix (Tablas 73 y 119).

Los valores alcanzados por la acidez total en este momento, son mayores en el tratamiento en vaso que en el de espaldera durante los tres años de experimentación, siendo mayores las diferencias en 1992 seguido de 1991 y 1990, por tanto las diferencias van

aumentando a medida que avanzan los años, si bien únicamente en 1991 y 1992 existen diferencias significativas. El valor del pH viene condicionado en parte por la acidez total, así los valores del pH en los tratamientos de espaldera van a ser mayores a los del vaso en 1991 y 1992 coincidiendo con valores inferiores de la acidez total, mientras que ocurre lo contrario en 1990, si bien en ningún año existen diferencias significativas entre tratamientos respecto a esos valores de pH, es decir, no existe diferencia en función del sistema de conducción empleado. En el análisis factorial, tratamiento y año (Tabla 135), se muestra cómo los valores para la acidez total son diferentes en función del tratamiento, siendo superiores los valores alcanzados por el vaso ($p \leq 0,01$), debido a que los racimos están más sombreados que en la espaldera y se origina un menor catabolismo de los mismos, así como una mayor síntesis y en consecuencia una mayor acidez. Se ha comprobado que cuando los niveles de producción son más elevados los valores de acidez son inferiores como es el caso de la espaldera. Dichos valores también son afectados por el año, y por la interacción de los dos factores. En el caso del pH los valores sólo van a ser diferentes en función del año, y por tanto van a influir las diferencias estacionales y microclimáticas creadas por el propio sistema de conducción.

Kliwer y col. (1967), Reynolds y col. (1985), y Smart y col. (1985) coinciden en general que el proceso de sombreado casi siempre reduce los niveles de azúcar y aumenta los de acidez en cualquier fecha, este tipo de respuesta se ha interpretado como un retraso en el proceso de la maduración, aunque quizás es más una consecuencia del sombreado de las hojas que el de los racimos.

Al estudiar los ácidos de forma individualizada, se observa que los valores alcanzados por el tartárico en el vaso son mayores que los del tratamiento en espaldera en los años 1991 y 1992 ocurriendo lo contrario en 1990, aunque sólo existen diferencias significativas en 1992. En el caso del málico y cítrico sucede que las concentraciones en el vaso son mayores a las de la espaldera, durante los tres años, si bien para el málico existen diferencias en sus valores entre los dos tratamientos en los años 1991 y 1992, para el cítrico sólo en 1992. El tartárico se caracteriza porque en los dos tipos de tratamientos va a disminuir a medida que transcurren los años pero las diferencias entre tratamientos no aumentan progresivamente, mientras que en el málico las diferencias aumentan al avanzar los años, como sucede en el caso de la acidez total. En el análisis factorial, tratamiento y año (Tabla 135), se muestra como los valores del tartárico y málico son diferentes en función del tratamiento, siendo superiores en ambos casos las cifras alcanzadas en el tratamiento en vaso que en el de espaldera ($p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$ respectivamente); los valores

también van a estar influidos por el año, y por la interacción de los dos factores. El cítrico se caracteriza porque sus valores sólo son diferentes en función del año, es decir, por las diferencias estacionales.

Todos estos procesos pueden explicarse en función del tiempo que tardan los distintos tratamientos en alcanzar ese estado de maduración, y en función de las condiciones microclimáticas creadas por el sistema de conducción elegido. Respecto al tiempo que requieren para llegar a 20 °Brix se observa que la espaldera va a necesitar mayor número de días que el vaso, esto supone un mayor tiempo de exposición de los racimos a la radiación solar y por tanto están sometidos a temperaturas más altas, existiendo una posibilidad mayor de degradación de los ácidos. En nuestro caso se confirma que la combustión de los ácidos debido a altas temperaturas en el tratamiento en vaso es menor en relación a la espaldera, y la concentración del málico es mayor en estos casos; además en los años 1991 y 1992 se acentúan las diferencias de los valores de este ácido entre los dos tratamientos, debido a que existe una mayor diferencia de días en alcanzar los 20 °Brix. En estos dos años mencionados, la acidez total es mayor en el vaso debido a la falta de catabolismo del málico, que es el que más condiciona la disminución de la acidez, mientras que el tartárico es más resistente a las altas temperaturas.

Es muy importante la forma geométrica de los distintos sistemas de conducción, puesto que ello condiciona la mayor o menor exposición a la luz solar. En el sistema en vaso, la disposición del área foliar crea mayor sombreado en los racimos que en la espaldera, además esa forma globosa del vaso controla mejor el intervalo de temperaturas que afecta a las bayas, es decir, las temperaturas medias a las que están sometidas las uvas son más bajas, lo que explica el menor metabolismo de los ácidos, especialmente del málico. Por tanto las distintas condiciones de cultivo también pueden modificar la acidez total del mosto.

Kliwer y Lider (1968), Koblet y col. (1977) han demostrado una disminución de la acidez y el málico, y un incremento del pH debido a una mayor exposición del racimo a la radiación solar, como ocurre en nuestro caso.

Smart (1982), Kliwer y Lider (1968) y Wolf y col. (1986) mostraron que los racimos que están más expuestos a radiación solar tienen menores concentraciones de málico que los que están a la sombra; dicho descenso ha sido motivado por las altas temperaturas alcanzadas por las bayas expuestas.

Smart (1985) observó que las manipulaciones en el microclima ocasionaban grandes diferencias en la composición de los mostos o del vino. En sus experimentos comprobó que en las

cepas sombreadas, la maduración se retrasaba como consecuencia de una lenta acumulación de azúcares, así mismo se producían mostos de mayor pH debido a una lenta degradación de los ácidos, originándose finalmente vinos de calidad más baja. Observó que los niveles de málico se correlacionan positivamente con el área foliar y negativamente con la exposición de los racimos.

La relación tartárico/málico está condicionada por los valores de los dos ácidos, así esta relación alcanza cifras superiores en la espaldera que en el vaso durante los tres años, existiendo únicamente diferencias en 1991 y 1992. En el estudio de los valores de la relación tartárico/suma de ácidos, °Brix/acidez total, y azúcares/acidez, se observa que durante los tres años los valores en espaldera son superiores a los del vaso, existiendo las mismas diferencias que en el caso de la relación tartárico/málico. En todos estos casos al aumentar la disminución del málico en el tratamiento en espaldera la proporción de tartárico frente al total es mayor.

Radler (1965) observó una disminución mayor de los ácidos que afectó a la relación de ciertos componentes, como es la relación azúcar/acidez que es superior en el caso de las bayas calentadas.

En el análisis factorial de dos factores, tratamiento y año (Tabla 135), se muestra que las relaciones tartárico/málico, tartárico/suma de ácidos, y azúcares/acidez, van a tener valores que son diferentes en función del tratamiento, siendo los valores en todos los casos superiores en el tratamiento en espaldera ($p \leq 0,01$), también influye en todos esos valores la interacción de los dos factores, mientras que el efecto del año sólo es significativo en las dos primeras relaciones. Finalmente la relación °Brix/acidez, tiene valores que son distintos en función del tratamiento, del año, pero no por la interacción de los dos.

En el momento de la vendimia (Tablas 74 y 120) los valores de la acidez total en 1990 y 1991 son mayores en la espaldera que en el vaso, ocurriendo lo contrario en 1992 y es sólo en este año cuando existen diferencias significativas entre esos tratamientos. En los dos tratamientos se observa que a medida que pasan los años el valor de la acidez total ha ido aumentando, al igual que las diferencias entre ellos, sobre todo en 1992 que es cuando los valores en el vaso son superiores a los de la espaldera, es decir, los tratamientos se equilibran y mejoran sus condiciones para aumentar el valor de la acidez al pasar los años, siendo más acentuado en el caso del vaso. Las cifras de acidez total oscilan entre 4,73-6,33 g/L para el vaso y entre 4,84-5,45 g/L en la espaldera, siendo estos valores en los dos tratamientos adecuados para la vinificación y suficientemente altos para las temperaturas a las que están sometidos. Los valores de pH en el vaso son superiores a los de espaldera en 1991 y 1992, si bien sólo en 1991 existen diferencias

significativas entre tratamientos para esos valores. El análisis de varianza de dos factores, tratamiento y año (Tabla 137), comprueba que los valores de acidez total no son distintos en función del tratamiento, es decir, no hay diferencias en los valores alcanzados en función del sistema de conducción aplicado, sin embargo sí son diferentes tanto por acción del año, como por la interacción de los dos. En el caso del pH se observa que los valores son distintos según el tratamiento elegido, siendo superiores las cifras en el vaso ($p \leq 0,05$), además también afecta el año, es decir, los cambios estacionales así como los microclimáticos originados por cada sistema de conducción, mientras que no influye la acción conjunta de los dos factores. El hecho de que la acidez no ha sido afectada por el tipo de tratamiento y sí el valor del pH, puede ser debido a la presencia de cationes que salifiquen en mayor o menor proporción los ácidos libres, y por tanto se compensen las cantidades de tartárico y málico de los distintos tratamientos.

Smart () obtiene mayores valores de pH en cepas con mayor crecimiento vegetativo que producen un mayor sombreado en los racimos. Esto coincide con los datos obtenidos en este trabajo, ya que el tratamiento de mayor sombreado sobre los racimos (en vaso) provoca mayores valores de pH, de málico y de potasio.

Van Zyl y Van Huysteen (1980) estudiaron las variaciones del efecto de la temperatura sobre las bayas que se encuentran en tres sistemas de conducción distintos, y que implicaban distinta exposición a la luz solar.

Si estudiamos de forma independiente los ácidos que mayoritariamente van a componer la acidez, se observa que durante los tres años tanto el tartárico, como el málico, y el cítrico, alcanzan valores mayores en el tratamiento en vaso que en el de espaldera, existiendo únicamente diferencias significativas para el caso del málico en los años 1991 y 1992, aumentando las diferencias a medida que avanzan los años; mientras que en el caso del cítrico existen diferencias únicamente en 1991. La aplicación del análisis de varianza de dos factores, tratamiento y año (Tabla 137) a estos ácidos, comprueba que los valores de tartárico y de cítrico no son afectados por el tipo de tratamiento, por lo que el valor de la acidez viene condicionado por el málico, mientras que las concentraciones de los tres ácidos sí son influidas por el año. El málico alcanza cifras que son dependientes del sistema de conducción empleado, siendo los valores superiores en el vaso ($p \leq 0,05$), además es el único ácido cuyos valores cambian por la interacción de los dos factores.

En el caso de la relación tartárico/málico los valores son en la espaldera mayores a los del vaso en los años 1991 y 1992, y en 1990 tienen prácticamente los mismos valores, si bien

sólo en 1992 se considera que existen diferencias significativas entre ambos tratamientos. En la relación tartárico/suma de ácidos, los valores son muy parecidos en los tres años apareciendo únicamente diferencias en 1992 entre los dos tratamientos siendo los valores superiores en la espaldera.

Los valores de la relación azúcares/acidez son mayores en la espaldera, excepto en 1990 que son muy parecidos, aunque en ningún año existen diferencias significativas entre tratamientos. En el caso de los valores °Brix/acidez total, van a ser mayores en el tratamiento en vaso que en espaldera durante los tres años, y sólo en 1991 se considera que hay diferencias.

En el análisis multifactorial, tratamiento y año (Tabla 137), se confirma que los valores de la relación tartárico/málico y tartárico/suma de ácidos, no son diferentes significativamente en función del año, ni del tratamiento, ni por la interacción de los dos. Sin embargo los valores de la relación °Brix/acidez son distintos en función del tratamiento, siendo superiores las cifras en el tratamiento en vaso ($p \leq 0,05$), además también influye la acción del año y afectan los cambios estacionales; para la relación azúcares/acidez los valores son diferentes únicamente en función del año.

En los dos tipos de tratamientos las cifras no son distintas estadísticamente, lo que significa que no afecta el sistema de conducción escogido, esto es lógico ya que el sistema de conducción evita el metabolismo acelerado de ácidos, preferentemente del málico, debido a un aumento de las temperaturas. Existe otro hecho que podría incidir en los resultados, ya que el sombreado puede provocar una mayor diferencia en las concentraciones debido al efecto de dilución en este tipo de tratamiento; en nuestro caso no va a ocurrir porque no se observan diferencias significativas en el tamaño de las bayas en los dos tratamientos.

Comparando los valores a 20 °Brix con los obtenidos en vendimia se observa que durante el proceso de maduración los tratamientos se han equilibrado, de modo que la acidez pasa cuando el nivel de azúcares es de 20 °Brix de ser diferente según el tratamiento, a igualarse las cantidades entre el vaso y la espaldera en el momento de la vendimia. Con el pH ocurre lo contrario, y evoluciona de igualdad entre tratamientos a ser el vaso en vendimia el que tenga cifras superiores. En el caso de cada uno de los ácidos, se comprueba que las concentraciones del tartárico se igualan entre los dos sistemas, mientras que el málico sigue teniendo cantidades inferiores en el tratamiento en vaso, que es el que presenta los racimos con menos oscilaciones de temperaturas.

1.7.2.4.- Fracción mineral: K, Ca, Mg, Na.

Se han calculado los valores que los distintos cationes alcanzarían cuando el mosto llegase a los 20°Brix (Tablas 73 y 119)

En el estudio de esos valores se comprueba que para el potasio los datos son mayores en el vaso que en la espaldera durante los tres años, aunque sólo en 1992 existen diferencias entre esos tratamientos, mientras que el sodio alcanza valores en la espaldera superiores a los del vaso en 1990 y 1992, y sólo en 1992 existen diferencias en esos valores entre tratamientos. En el caso del calcio se ve que los valores en la espaldera son mayores a los del vaso en 1990 y 1991, siendo las diferencias mayores en 1990, aunque en ningún año existen diferencias significativas, si bien en el caso del magnesio los valores durante todos los años en la espaldera son superiores a los del vaso, siendo las diferencias mayores en 1990, si bien tanto en 1990 como en 1992 existen diferencias entre tratamientos.

En el análisis multifactorial, de tratamiento y año (Tabla 135), se observa que los valores para el potasio, sodio y calcio no son diferentes en cuanto al tratamiento elegido, mientras que sí lo es el magnesio, siendo en este caso superiores los valores en la espaldera ($p \leq 0,01$). Para los cuatro cationes estudiados las cifras alcanzadas son distintas en función del año que se trate, por lo que influye la climatología en esos valores. El calcio es el único catión cuyos valores van a ser diferentes en función de la interacción de los dos factores.

En el momento de la vendimia (Tablas 74 y 120) se comprueba que los valores obtenidos durante los tres años por el potasio en el vaso son superiores que en la espaldera, siendo las diferencias mayores en 1990 si bien sólo en 1992 existen diferencias entre tratamientos. En el caso del calcio y del magnesio los valores en espaldera son mayores a los del vaso en 1990 y 1991, siendo las diferencias superiores en 1990 aunque en ningún año existen diferencias significativas entre los dos tratamientos. Finalmente, los valores del sodio en este momento en la espaldera son superiores a los del vaso en los años 1990 y 1992, si bien sólo en 1990 existen diferencias entre tratamientos.

En el análisis multifactorial, tratamiento y año (Tabla 137), se comprueba que los valores para todos los cationes no son diferentes en función del tratamiento aplicado y todos los valores alcanzados en cualquiera de ellos son diferentes en función del año y las diferencias estacionales es el único factor que influye en esos valores. El magnesio es el único cuyos valores van a ser diferentes en función de la interacción de los dos factores.

Morrison y Noble (1990) establecen una correlación positiva entre las concentraciones de potasio y málico en vendimia, en nuestro caso también coincide que las cantidades de málico por baya en el vaso son mayores que en el tratamiento en espaldera, si bien debido al tamaño superior de la baya las concentraciones quedan muy igualadas.

Las hojas son órganos de la planta a los que llega una gran cantidad de potasio procedente de las raíces (Williams y col., 1987), al ser la superficie foliar y las producciones en la espaldera superiores a las del vaso las cantidades de potasio que se distribuyen por baya son inferiores en ese tratamiento respecto al vaso. Estos autores observan que una defoliación sólo de las hojas que están en el interior en los canopys muy densos, no afecta a la concentración de potasio en el mosto obtenido, y concentraciones superiores de potasio en estos tratamientos procederían del suelo o de las estructuras permanentes de las cepas.

Las condiciones climáticas determinan también las concentraciones de los cationes en las bayas, ya que todos los procesos que impliquen un aumento de la transpiración de las hojas, aumento de la radiación solar incidente, favorecen un aumento de la circulación del agua y por tanto del ascenso de las sustancias minerales disueltas a los distintos órganos de la planta (Mareca, 1983). Así en climas cálidos las concentraciones de potasio son superiores a las de los climas fríos.

Debido a las bajas precipitaciones ocurridas durante un año o los precedentes se puede producir un envejecimiento de los vasos libero-leñosos que conectan con el grano impidiendo las migraciones, si bien por los procesos de transpiración debido al calor se originan pérdidas de agua provocando procesos de concentración de los metabolitos, entre los que destacan los cationes.

Al comparar los dos momentos de maduración se observa que no se han modificado sus características, es decir, el potasio, sodio y calcio alcanzan valores en los dos momentos que no son diferentes según el tratamiento, mientras que el magnesio a lo largo de ese periodo de tiempo compensa las diferencias hasta igualar en la vendimia las diferencias existentes a 20 °Brix.

1.7.2.5.- Fracción nitrogenada: Prolina.

En el estudio de los valores que alcanza la prolina cuando el mosto llega a 20°Brix (Tablas 73 y 119), se observa que en 1991 y 1992 los valores en el vaso superan a los de la espaldera mientras que en 1990 ocurre al revés aunque la diferencia es mínima, y sólo en 1992 se

considera que existen diferencias entre los tratamientos. En el análisis factorial de tratamiento y año (Tabla 135), se observa que los valores no son diferentes en función del tratamiento sin embargo sí lo son en función del año y de la acción conjunta de los dos factores.

En el momento de la vendimia (Tablas 74 y 120) los valores durante los tres años en el vaso son superiores a los de la espaldera, existiendo diferencias significativas en 1991 y 1992. En el análisis multifactorial para los factores tratamiento y año (Tabla 137), se indica que los valores son diferentes en función del tratamiento, siendo superiores en el vaso con un nivel de significación de 0,05. Es importante el desarrollo vegetativo del sistema de conducción elegido y así en el caso de la espaldera al existir mayor crecimiento vegetativo y mayor producción existe una mayor demanda por el nitrógeno disponible y favoreciendo una dilución final de este componente. Además el año también influye en esas cifras adquiridas, pero no la acción conjunta de los dos factores.

1.7.2.6.- Compuestos Fenólicos.

El estudio de estos compuestos así como los valores de la intensidad y tonalidad colorante en función de las absorbancias medidas cuando el mosto llega a 20°Brix se encuentran en las Tablas 73 y 119.

Las DO-520 durante los tres años, en el vaso son superiores a las de la espaldera, siendo mayores las diferencias en 1992, y sólo en este año existen diferencias entre tratamientos. Se comprueba que las DO-420 en el vaso son superiores a las de espaldera en 1990 y 1991, si bien en ningún años existen diferencias significativas en esos valores. Con esos datos se calcula la intensidad y tonalidad colorante, mostrando para el primer parámetro que durante los tres años los valores en el vaso son mayores a los de espaldera, siendo mayores las diferencias en 1990, aunque en ningún año hay diferencias entre tratamientos, siendo en 1992 cuando se alcanzan los datos más pequeños en los dos tratamientos. La tonalidad colorante presenta en 1991 y 1992 los valores en espaldera superiores a los del vaso, pero sólo en 1992 existen diferencias entre estos tratamientos.

Los valores adquiridos por los polifenoles y antocianos totales en el vaso están siempre por encima de los conseguidos por la espaldera, siendo mayores las diferencias a medida que avanzan los años, si bien sólo en 1992 existen diferencias entre tratamientos para las dos variables. Los taninos totales alcanzan valores mayores en el vaso que en la espaldera en 1991 y

1992 ocurriendo lo contrario en 1990, si bien en ninguno de esos años existen diferencias significativas entre ambos tratamientos.

El calentamiento solar de las bayas puede aumentar la pérdida de agua, y además tanto el calor como la luz pueden afectar procesos metabólicos como son la acumulación de antocianinas y otros compuestos fenólicos (Kliewer, 1977).

En el análisis multifactorial, tratamiento y año (Tabla 135), se indica que los valores de la DO-520 son diferentes únicamente en función del tipo de tratamiento utilizado, siendo superiores los valores en el vaso, mientras que las DO-420 son distintas en función sólo del año. Los datos que resultan de la medida de estas dos absorbancias se caracterizan porque en el caso de la intensidad colorante los valores sólo son diferentes en función del año, mientras que los valores de la tonalidad colorante del mosto son diferentes en función del tipo de tratamiento (mayor en el caso de la espaldera, $p \leq 0,05$), del año y de la interacción de ambos factores. En el caso de los polifenoles y antocianos totales los valores adquiridos son diferentes en función del tratamiento, siendo en ambos casos mayores en el vaso ($p \leq 0,01$), además de producirse variaciones en función de la interacción de ambos; si bien únicamente en el caso de los antocianos totales las cifras están afectadas por el año. Los valores de los taninos totales no son distintos en función de ninguno de estos factores comentados.

En el momento de la vendimia (Tablas 74 y 120) las DO-520 en el tratamiento en vaso son superiores a las de espaldera durante los años 1990 y 1992, mientras que en 1991 ocurre al revés si bien las diferencias son mínimas, observando que en el vaso los valores aumentan al pasar los años, y es únicamente en 1992 cuando existen diferencias significativas. Las DO-420 en el vaso son mayores a las de la espaldera en los mismos años que en DO-520, sin embargo en ningún año existen diferencias entre tratamientos. De esos valores se obtienen los datos de la intensidad y tonalidad colorante, respecto al primer parámetro los valores en el vaso son mayores a los de la espaldera en los años 1990 y 1992, aunque en los tres años en esa fecha se considera que no existen diferencias entre tratamientos, mientras que la tonalidad colorante durante los tres años de muestreo alcanza cifras en la espaldera superiores a las del vaso, siendo mayores las diferencias en 1992 y sólo en este año existen diferencias significativas.

Los valores de los polifenoles, antocianos, y taninos totales consiguen valores en el tratamiento en vaso mayores a los de la espaldera, no existiendo en ningún caso diferencias entre tratamientos, excepto en el valor de los polifenoles totales en 1990, además se observa que los antocianos totales aumentan las diferencias entre tratamientos a medida que avanzan los años.

En los últimos estudios, la defoliación se ha centrado en la zona próxima a los racimos, manteniendo suficiente área foliar para madurar toda la cosecha.

En el análisis multifactorial, tratamiento y año (Tabla 137), se ve cómo los valores de las DO-520 son diferentes en función del tratamiento (mayores en el vaso, $p \leq 0,05$), del año, y de la interacción de los dos. Las DO-420 y la intensidad colorante adquieren valores que son diferentes únicamente en función del año. La tonalidad colorante alcanza cifras que son distintas por el tipo de tratamiento (mayor en la espaldera, $p \leq 0,05$), y del año pero no por la interacción de los dos factores. Los polifenoles, antocianos y taninos totales alcanzan valores distintos en función del tipo de tratamiento que se utilice, siendo en todos ellos los valores superiores en el tratamiento en vaso, y sólo en el caso de los antocianos los valores son diferentes por la acción del año.

Comparando los valores en esos dos momentos se observa que ninguno de los parámetros estudiados cambia su nivel de significación por lo que se podría elegir cualquiera de esas fechas de maduración para realizar la vendimia sin que se afectasen a las variables del color del mosto, aunque se debe tener en cuenta si interesa vendimiar en función del nivel de producción y la cantidad de azúcares sintetizados en cada uno de esos momentos, ya que eso importa a nivel económico en función de la cantidad de mosto de calidad producido y el grado alcohólico probable en función de los azúcares.

2.- EVOLUCION DE LAS VARIABLES QUIMICAS EN LOS HOLLEJOS DE UVAS DURANTE EL PROCESO DE MADURACION.

Los compuestos responsables de la tonalidad característica que adquiere el mosto y posteriormente el vino están localizados en los hollejos de las bayas. Durante la fermentación alcohólica de las uvas tintas se produce una maceración con las partes sólidas, y esto proporciona al vino sus componentes fenólicos, así como su color y estructura tánica característica (Ribéreau-Gayon y col., 1976). Ese fenómeno de maceración no es un simple proceso de extracción de los componentes de los hollejos y semillas, sino que al mismo tiempo se producen otra serie de reacciones que modifican la estructura de los compuestos fenólicos y tienen efecto en la intensidad y estabilidad del color, así como en la composición de los taninos y en sus características organolépticas. Los compuestos responsables del color que adquiere el vino no van a ser extraídos de los hollejos en su totalidad, sino que aproximadamente pasan las 2/3 partes de la materia colorante durante el proceso de vinificación, por lo tanto el color de un vino tinto va a depender tanto del tipo como del tiempo de maceración, del estrujado, de la temperatura etc. (Dupuy y col.,).

Se han analizado los parámetros que están relacionados con el color, teniendo en cuenta que las cantidades obtenidas son la totalidad de las presentes en el hollejo. Dichos valores se tienen que interpretar como potenciales del color, ya que de toda la materia colorante calculada sólo una parte pasa al mosto y posteriormente al vino durante el proceso de vinificación, por eso en la elaboración de un vino tinto se debe jugar con las condiciones óptimas durante el proceso de maceración con las partes sólidas, para extraer la máxima cantidad de los pigmentos presentes, y proporcionar así el color adecuado.

Dentro de este tipo de compuestos se analizan tanto las familias de los fenoles de una manera global (polifenoles totales, antocianos totales, etc.,) como los compuestos de forma individualizada (antocianos). Las expresiones utilizadas para los distintos componentes individualizados han sido: en concentración (mg/100g de bayas) y en función de la cantidad absoluta presente en las bayas (mg/100 bayas), para eliminar así el efecto de dilución causado por el crecimiento propio de la baya, así como las distintas condiciones de experimentación que favorecen una mayor o menor dilución.

2.1.- EVOLUCION DE SUSTANCIAS POLIFENOLICAS.

2.1.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO.

A) Estudio de la DO-520 y DO-420 en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa que la DO-520 aumenta desde el envero de un modo continuo y acentuado hasta el momento de la vendimia, con valores de 0,14 UA al final del proceso de maduración. En el caso de la DO-420 se observa un inicial descenso seguido de un aumento y una estabilización final de las absorbancias alcanzando en el momento de la vendimia valores de 0,06 UA. El test de Duncan muestra diferencias para la DO-520 entre todas las fechas a partir de la segunda, mientras que para la DO-420 se observan diferencias entre las dos primeras fechas con las del resto de la maduración en las que se mantienen igualadas las medias.

En el tratamiento de secano la evolución de la DO-520 sigue un proceso similar al regadío, con un aumento continuo y paralelo hasta dos momentos antes de la vendimia, donde la pendiente de aumento no es tan pronunciada, con valores finales de 0,12 UA. El modelo seguido por la DO-420 es exactamente el mismo al del regadío con valores finales de 0,05 UA. El test de Duncan indica diferencias entre las tres primeras fechas y entre la vendimia para la DO-520 y para DO-420 se observan las mismas diferencias que en el caso del regadío.

Los valores, tanto para la DO-520 como para la DO-420, en el secano son mayores en todo momento de la evolución excepto en las dos últimas fechas en que se invierte el proceso y que son superados por el regadío. En el estudio de las diferencias de las absorbancias entre tratamientos a lo largo de las fechas de maduración, se observa que no existen diferencias en ninguna fecha excepto en una de ellas, la 151, para las dos determinaciones (Tabla 123).

B) Estudio de la DO-520 y DO-420 en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento de regadío se observa tanto para las DO-520 como para DO-420, una estabilización inicial que va seguida de un aumento de las absorbancias hasta el momento final de la vendimia, al que se llega con 0,22 UA y 0,09 UA respectivamente. Existen diferencias

Gráfico 77.- Evolución de la densidad óptica a 520 nm en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

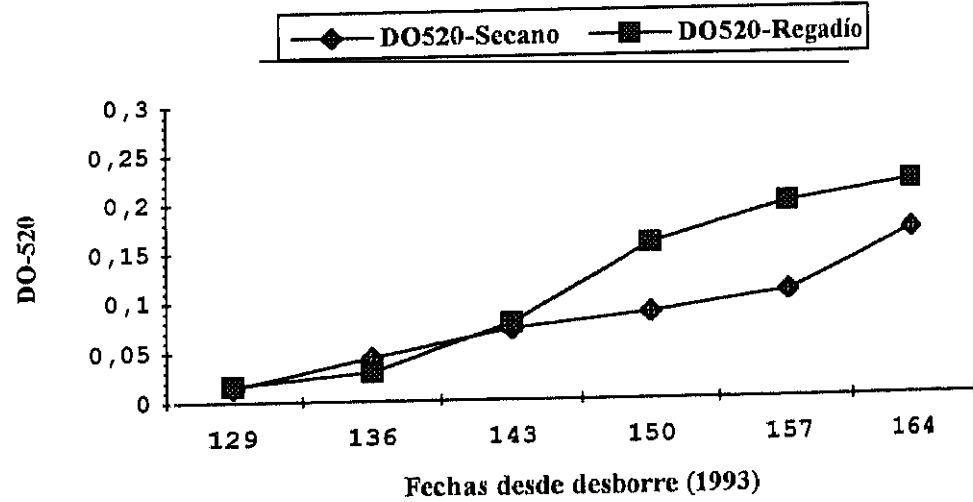
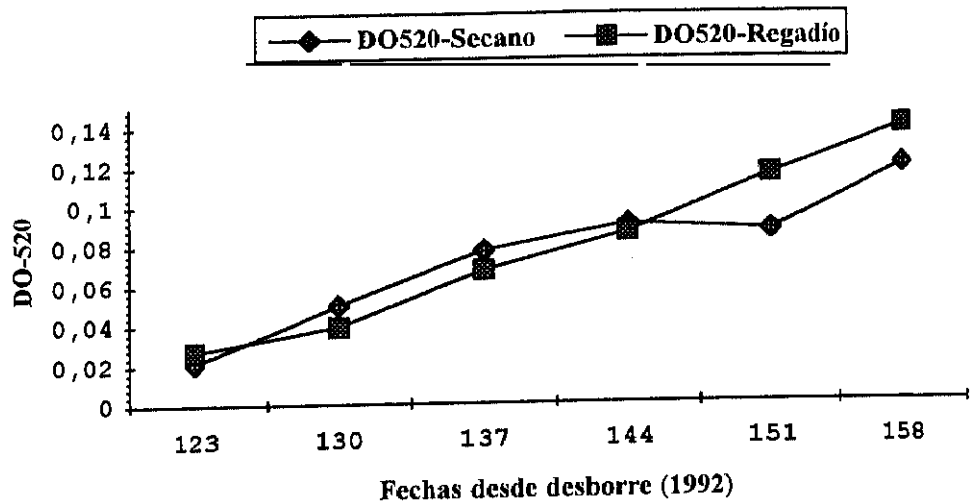
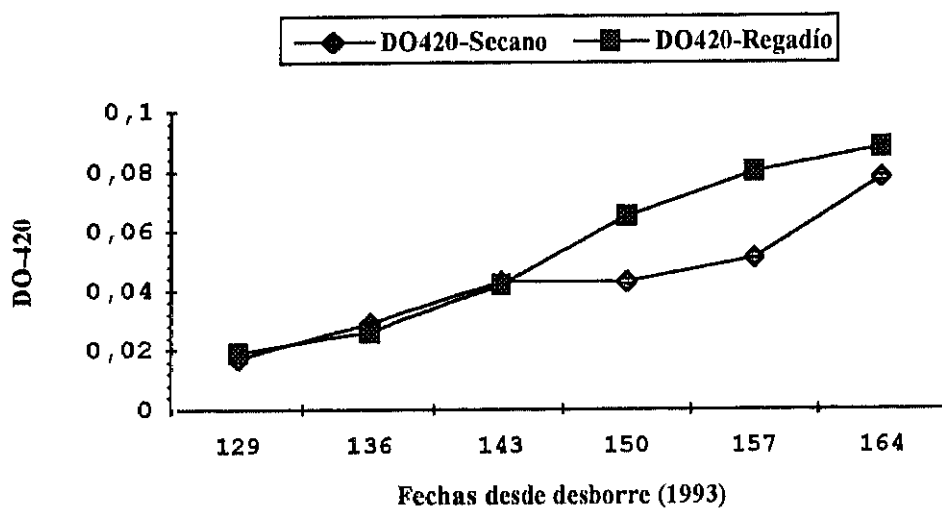
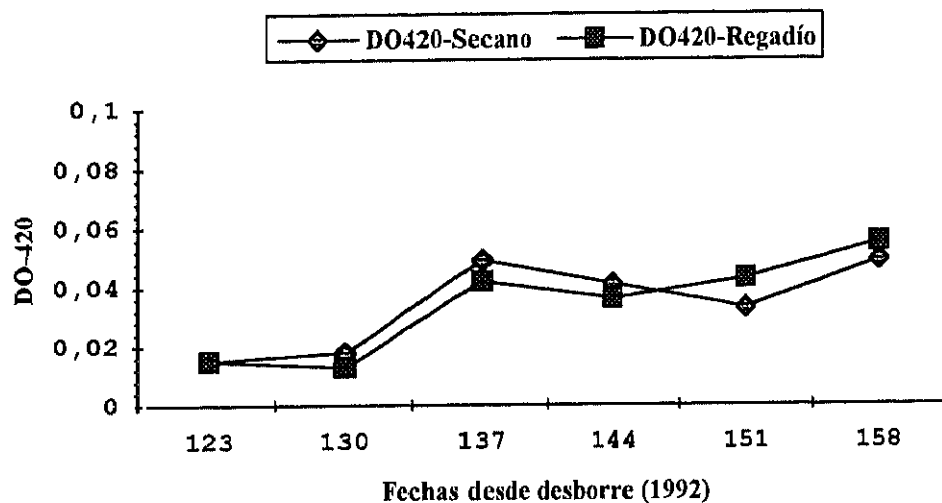


Gráfico 78.- Evolución de la densidad óptica a 420 nm en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



significativas a partir de la segunda fecha hasta el final de maduración entre todas las fechas en las dos determinaciones (test de Duncan).

En el tratamiento de secano en la DO-520 se observa un aumento desde el inicio hasta el final de la maduración, pero con una pendiente de aumento menor que en el regadío, llegando al final a 0,17 UA. Respecto a la DO-420 el proceso seguido es el mismo en las tres primeras fechas, pero luego se produce un descenso, recuperándose posteriormente hasta llegar a la vendimia a valores de 0,08 UA. El test de Duncan indica diferencias entre todas las fechas de maduración para la DO-520, mientras que para la DO-420 se observa una igualdad de medias entre las cinco primeras fechas, presentando diferencias fundamentalmente entre la fecha de la vendimia y el resto de las fechas del proceso.

Los valores alcanzados por las dos determinaciones en el regadío superan a los del secano a partir de la segunda fecha de maduración, continuando así hasta la vendimia. Para conocer si existen diferencias en los valores entre los dos tratamientos se realiza el análisis de varianza, comprobando que aparecen diferencias en las tres últimas fechas de la maduración para la medida a 520 nm y sólo en dos fechas anteriores a la vendimia para 420 nm (Tabla 123).

Cualitativamente se observa que las absorbancias a 520 nm en el hollejo van a aumentar progresivamente hasta el final del proceso, siendo superiores los valores en el regadío durante la mayor parte de las fechas, sobre todo en las que están próximas a la vendimia, ya que este tratamiento sintetiza mayor cantidad de compuestos responsables del color rojo. Así mismo se comprueba un aumento de las tonalidades amarillas en el hollejo observado por el aumento de las absorbancias a 420 nm. La forma que adquieren las curvas va a ser más o menos diferente según el año, ya que en función de las condiciones climatológicas se favorece o se perjudica la síntesis; así Jackson y Lombard (1993) indican que la mayor insolación, temperaturas entre 9-29 °C, cierta sequedad del suelo, y racimos expuestos a la radiación solar favorecen la coloración.

Bravdo y col. (1985) no encontraron diferencias significativas en los valores de las densidades ópticas a 420 nm, en los tratamientos con riego, lo que está en acuerdo con Somers (1975).

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 132), se observa que tanto para la DO-520 y DO-420, sólo en 1993 existen diferencias significativas en las absorbancias acumuladas en función del tratamiento, siendo superiores los valores del regadío que los del secano, también son distintos los valores según el momento de la maduración. En los dos años las

absorbancias a 520 y 420 nm alcanzadas son diferentes en función de la interacción de los dos factores.

2.1.1.2.- Evolución de la intensidad y tonalidad colorante.

La intensidad colorante en los dos tratamientos de los dos años tiene una tendencia ascendente, todo lo contrario que ocurre con la tonalidad (Tablas 34 y 35, Gráfico 79).

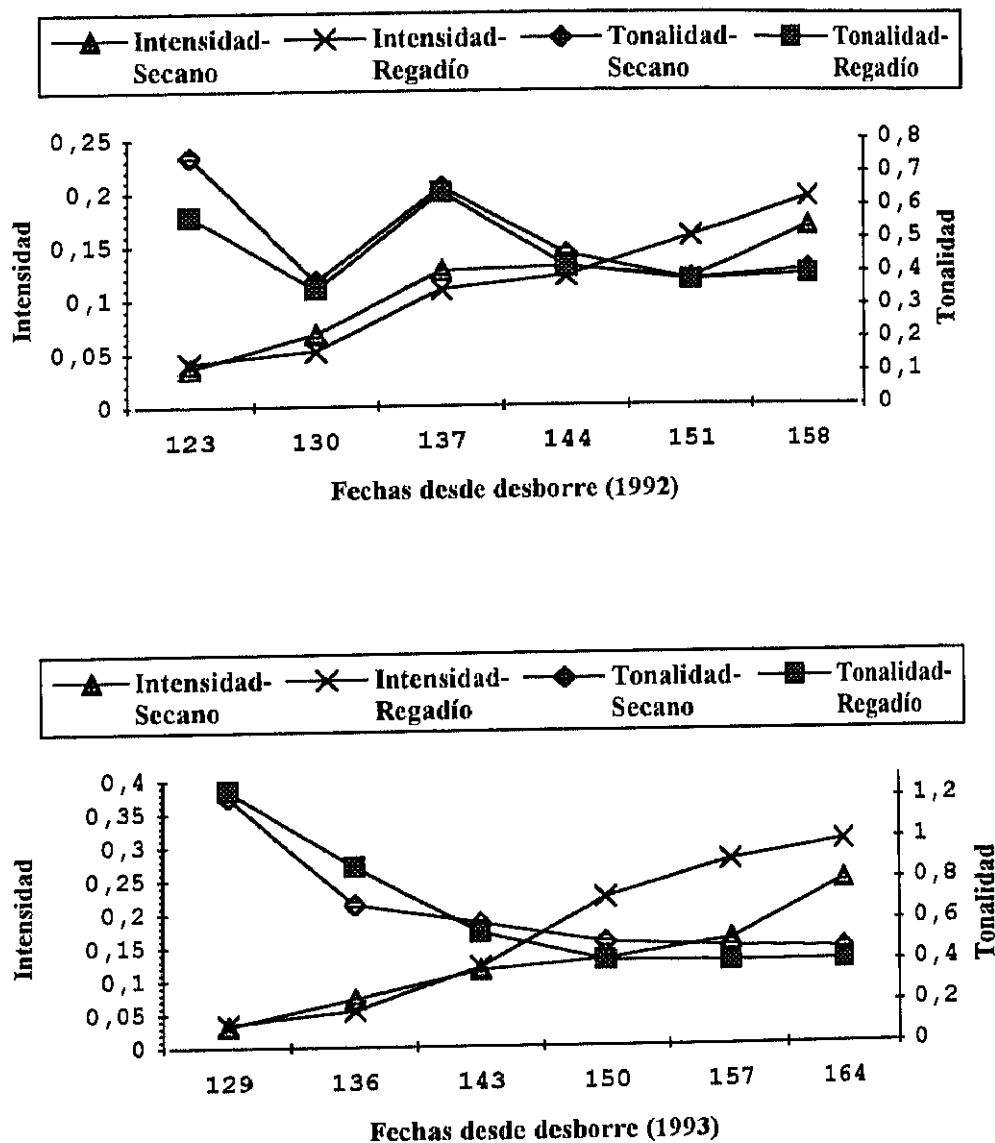
A) Estudio de la intensidad y tonalidad colorante en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa una estabilización inicial seguida de un aumento continuado hasta el momento final de la maduración, al que se llega con valores de 0,20. La tonalidad experimenta una disminución progresiva no muy acusada, para estabilizarse en las últimas fechas de la maduración, con valores de 0,40. El test de Duncan indica diferencias significativas en la intensidad entre las tres últimas fechas y el envero, mientras que en la tonalidad se aprecian diferencias entre las cuatro fechas que siguen al envero, con una similitud de las medias de las tres últimas fechas.

En el tratamiento de secano para la intensidad se observa un crecimiento inicial seguido de una estabilización y un ligero descenso, recuperándose en vendimia con valores de 0,17. La tonalidad presenta una evolución exactamente igual y con valores muy semejantes al tratamiento de regadío, finalizando en 0,41. Respecto a la evolución de la intensidad se observan diferencias significativas entre las tres primeras fechas y en la fecha de la vendimia; en la tonalidad existen diferencias significativas sobre todo al principio, reflejando igualdad de medias en los últimos momentos de la maduración (test de Duncan).

Comparando los dos tratamientos se observa que los valores de la intensidad en el secano son mayores a los del regadío hasta la fecha 151 de la maduración, en la que se produce una inversión del proceso, mientras que si se comparan los datos de la tonalidad se comprueba que los valores en el secano son ligeramente superiores a los de regadío durante todo el proceso. En el estudio de las diferencias de la intensidad y tonalidad colorante entre tratamientos a lo largo de las fechas de maduración, se ve como no existen diferencias en ninguna fecha excepto en la 151 para el primer caso y en ninguna fecha para la tonalidad (Tabla 124).

Gráfico 79.- Evolución de la intensidad y tonalidad colorante en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



B) Estudio de la intensidad y tonalidad colorante en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento de regadío se ve cómo en todo el proceso de maduración va a aumentar la intensidad, hasta alcanzarse en el momento final valores de 0,31. Respecto a la tonalidad se observa un descenso continuado desde el envero hasta el final de la maduración, estabilizándose en vendimia con valores de 0,41. El test de Duncan indica diferencias para la intensidad entre cuatro fechas intermedias del proceso de la maduración, y en la tonalidad se señalan diferencias significativas entre las cuatro primeras fechas a partir del envero.

En el tratamiento de secano ocurre lo mismo que en el regadío tanto para la intensidad como para la tonalidad, es decir, aumenta en el primer caso de forma continuada hasta el momento anterior a la vendimia que es cuando la pendiente de crecimiento es ligeramente mayor a la que hasta entonces se produce, llegando a valores en vendimia de 0,25. Para la tonalidad el proceso es descendente y finaliza en la vendimia con valores de 0,47. El test de Duncan proporciona para la intensidad diferencias significativas entre todas las fechas de estudio, mientras que en la tonalidad se observa igualdad de medias entre las fechas centrales de la maduración, existiendo claras diferencias sólo entre la primera y la última fecha.

Comparando los dos tratamientos se observa que los valores de la intensidad en el regadío son superiores a los del secano en prácticamente todo el proceso, si bien en el caso de la tonalidad ocurre que la velocidad de disminución del secano es inferior a la del regadío y a partir de la fecha 143 hasta la vendimia los valores del secano son superiores a los de regadío. Al estudiar si existen diferencias entre esos tratamientos a lo largo de las fechas, el análisis de varianza señala que en las tres últimas fechas los valores procedentes de ambos tratamientos son significativamente distintos en las dos determinaciones (Tabla 124).

Durante los dos años, las curvas de la intensidad colorante tienen una tendencia ascendente hasta el final de la maduración en los dos tratamientos, lo que supone un incremento de la cantidad de pigmentos extraíbles del hollejo; y así los responsables más importantes en la evolución de este parámetro son los antocianos totales que presentan unas curvas de evolución muy parecidas.

El perfil de las curvas de la tonalidad presenta una forma descendente en ambos tratamientos, es decir, disminuyen los valores de la tonalidad debido a que las absorbancias a 520 nm son superiores a las de 420 nm, prácticamente en todo el proceso de maduración. En este parámetro se alcanzan valores máximos (1,5) en el envero mientras que en las últimas fases del

proceso se estabilizan los valores entre 0,4 y 0,6, por lo que gracias a los valores de este parámetro existe una clara diferenciación entre el envero y el resto de las fases de maduración en los dos tratamientos. Los valores alcanzados manifiestan el predominio de las tonalidades rojas frente a las amarillas. A partir del momento del envero es cuando empiezan a cambiar las tonalidades verdosas (pérdida de la clorofila) por las amarillas o rojas (carotenos o compuestos flavonoides) según la variedad de uva que se trate.

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 132), se observa, respecto a la intensidad, que sólo existen diferencias significativas entre tratamientos en 1993, siendo los valores en el regadío superiores a los de secano con un nivel de significación del 0,05; mientras que en la tonalidad no existen diferencias significativas entre los dos tratamientos en ninguno de los años; además de existir diferencias en los valores en función de las fechas de muestreo para las dos determinaciones. Se comprueba que en los dos años la intensidad adquiere valores diferentes en función de la interacción de los dos factores, mientras que en la tonalidad se puede afirmar que la interacción es significativa sólo en 1993.

2.1.1.3.- Evolución de los polifenoles totales.

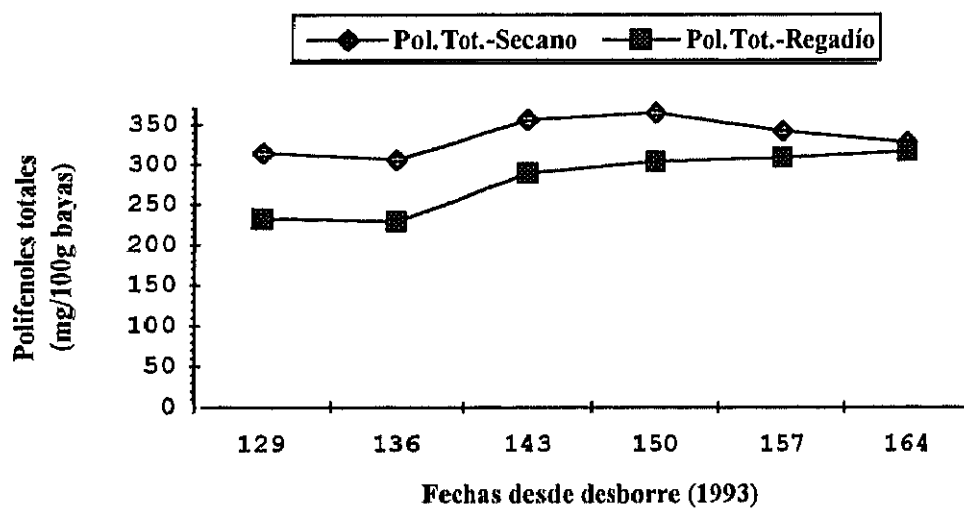
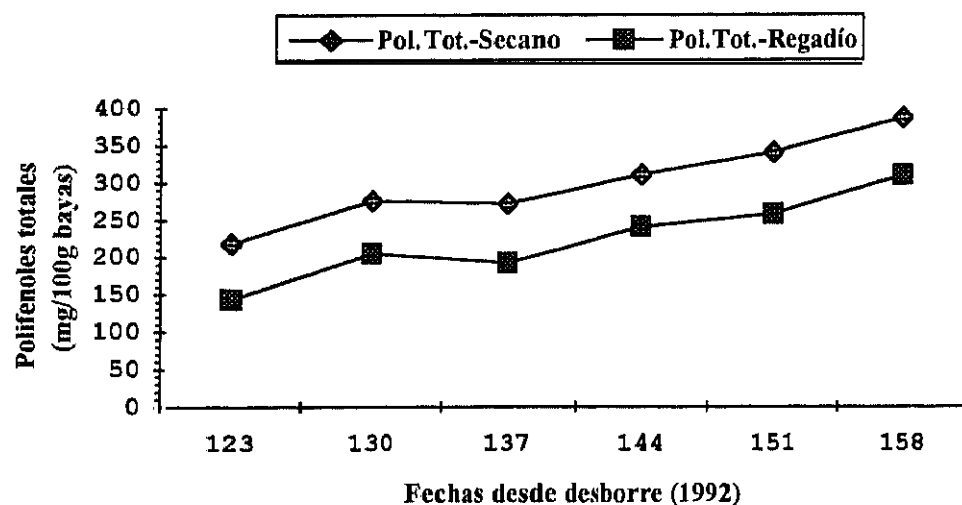
Los polifenoles totales en los dos tratamientos de los dos años tienen una tendencia ascendente (Tabla 36, Gráfico 80).

A) Estudio de los polifenoles totales en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento en regadío se observa un continuo aumento hasta el momento final de la maduración, llegando a valores finales de 309,1 mg/100g de bayas. El test de Duncan muestra un incremento significativo hasta la fecha 130 y posteriormente hay una igualdad de medias entre las tres fechas siguientes diferenciándose del momento de la vendimia.

En el tratamiento de secano la evolución es paralela y la única diferencia con el tratamiento anterior es que los valores son superiores en todo el proceso de maduración, llegando al final a 386,8 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica diferencias entre la primera y la última fecha, provocados por los ascensos parciales, significativos entre las fechas 123-130 y 144-158 de la maduración.

Gráfico 80.- Evolución de los polifenoles totales (mg/100g de bayas) en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



En el estudio de las diferencias para los valores de polifenoles entre los dos tipos de tratamientos a lo largo de las fechas, se observa que existen diferencias significativas en todas las fechas excepto en dos de ellas (137 y 158) (Tabla 125).

B) Estudio de los polifenoles totales en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento de regadío se observa una estabilización de los valores en las dos primeras fechas seguido de un aumento muy ligero hasta el momento de la vendimia con valores finales de 315,9 mg/100g de bayas. En esta evolución se observan variaciones significativas entre las dos primeras y el resto de las fechas de maduración (test de Duncan).

En el tratamiento de secano se observa una estabilización inicial en las dos primeras fechas a continuación se produce un ligero aumento y un mantenimiento de los valores que va a continuar con un descenso hasta el momento final de maduración, justo lo contrario que en el regadío, llegando a 327,1 mg/100g de bayas. El test de Duncan señala un incremento significativo entre las fechas 136-143, momento a partir del cual ya no se acusan diferencias.

Entre ambos tratamientos se comprueba que los valores en el secano son mayores que en el regadío durante todo el proceso, siendo esas diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos a lo largo de todas las fechas excepto en las dos últimas (Tabla 125).

Se observa a lo largo de la evolución una estabilización del valor de los polifenoles totales (mg/100g), con una ligera tendencia a aumentar a lo largo de la maduración en los dos tipos de tratamientos, siendo superior en el caso del secano. Gonzalez (1989) observa el mismo comportamiento para los polifenoles en el hollejo procedentes de bayas de variedades como la Cencibel o Tempranillo. Pirie y Mullins (1980) comprobaron que los fenoles totales, expresados por cm² de hollejo, de uvas Shiraz, aumentaban durante las cuatro o cinco semanas que siguen al envero, y posteriormente sufrían una disminución justo antes de la fecha de la vendimia.

Según diversos autores () la tendencia ascendente de los polifenoles coincide con el aumento de la cantidad de azúcares en el conjunto de la baya, atribuyendo a dicho efecto la causa de esa evolución. Roson y col. (1988) observan que una buena formación de compuestos fenólicos depende de una proporción elevada de azúcar; así las condiciones que favorezcan la acumulación de azúcares, como calor, luminosidad, o una elevada relación área foliar/peso de frutos, mejorarán la síntesis de compuestos fenólicos.

Los responsables más directos del aumento global de los polifenoles en las variedades tintas, concretamente a partir del envero, son los compuestos antociánicos que representan la mitad o más de esos polifenoles y contribuyen a la astringencia y al envejecimiento de los vinos (Singleton y Esau, 1969). La concentración de los fenoles totales en el mosto y en el extracto de hollejo, también responden al estrés hídrico, los déficits tempranos y tardíos son igualmente efectivos en aumentar el contenido total de fenoles.

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 132), se observan diferencias significativas entre el secano y regadío en los valores acumulados a lo largo del proceso, siendo superiores los valores en el secano en los dos años con un nivel de significación del 0,05; los valores también resultaron ser distintos en función de las fechas. En el estudio de la interacción de los dos factores se deduce que sólo en 1993 han incidido conjuntamente estos factores en la evolución de este parámetro.

Otro modo de expresar la cantidad de polifenoles totales es gracias a la medida de las absorbancias a 280 nm (Tabla 37, Gráfico 81).

Se observa que la evolución de las absorbancias tiene una tendencia ascendente durante todo el proceso de la maduración en los dos tipos de tratamientos y durante los dos años. La forma de las curvas son diferentes según el año que se estudie, si bien se observa que el tratamiento de regadío va a superar al del secano en los últimos momentos de la maduración en los dos años, es decir, se invierten los valores de los tratamientos a medida que nos acercamos a la vendimia. Cuantitativamente se llegan a cifras de 0,36 en el regadío y de 0,30 en el de secano.

En el estudio por el análisis de varianza, de las diferencias entre tratamientos en los valores adquiridos en las distintas fechas se observa que existen variaciones significativas sólo en las dos últimas fechas en 1992 y en tres últimas en 1993 (Tabla 125).

En el análisis multifactorial, de tratamiento y fecha (Tabla 132), se comprueba que sólo en 1992 no existen diferencias entre tratamientos, mientras que en 1993 existen diferencias y los valores en el regadío son superiores a los del secano ($p \leq 0,01$); se considera que existen diferencias a lo largo de las fechas. Las absorbancias a 280 nm son diferentes en los dos años por interacción de los dos factores.

2.1.1.4.- Evolución de los antocianos totales.

Los antocianos totales en los dos tratamientos de los dos años tienen una tendencia ascendente (Tabla 38, Gráfico 82).

A) Estudio de los antocianos totales en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa que desde el envero existe un incremento rápido de estos valores, con una pendiente de aumento acentuada hasta llegar a cifras de 141,1 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica diferencias entre todas las fechas, excepto entre las dos primeras y las fechas 144 y 151, periodos en las que las medias no difieren entre sí.

En el tratamiento de secano se observa que el proceso es exactamente igual, con la diferencia de que los valores en todo el proceso de maduración son mayores a los de regadío, si bien éstos se van a aproximar a medida que se acerca el momento de la vendimia, llegando a 156,0 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica también las mismas diferencias que en el tratamiento anterior, salvo que en las dos últimas fechas existe también igualdad de medias.

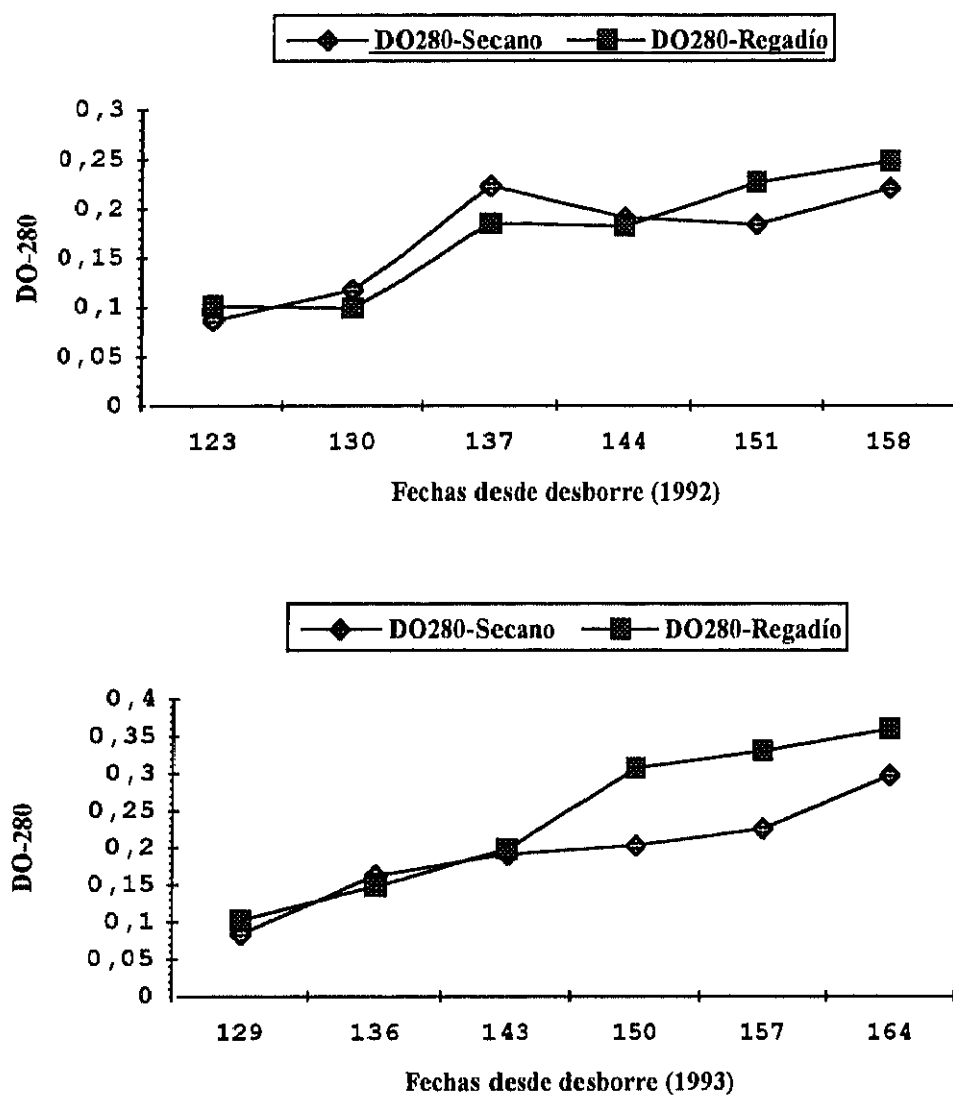
El estudio comparativo de los valores de antocianos totales alcanzados en cada tratamiento a lo largo del proceso de maduración, manifiesta que las diferencias encontradas son significativas en todas las fechas excepto en los momentos correspondientes al envero y a la vendimia (Tabla 126).

B) Estudio de los antocianos totales en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento de regadío se observa que en las dos primeras fechas existe una estabilización de los valores, siendo a partir del envero cuando se produce un brusco crecimiento que no va a cesar hasta el final de la vendimia, momento en el que se alcanzan cifras de 139,2 mg/100g de bayas. El test de Duncan muestra diferencias entre la segunda fecha y todas las de la maduración, salvo la fecha anterior al momento de la vendimia que es igual a ésta.

En el tratamiento de secano el proceso es el mismo, si bien se observa que desde el primer momento va a existir un continuo aumento hasta valores finales de 138,1 mg/100g de bayas. Con el test de Duncan se deduce que las variaciones que se originan entre todas las fechas del proceso de maduración son significativas.

Gráfico 81.- Evolución de la densidad óptica a 280 nm en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



El comportamiento de este grupo de compuestos en los dos tratamientos ensayados, señala que los valores en el secano empiezan siendo superiores a los del regadío, pero entre las fechas 143-150, este último tratamiento incrementa su concentración hasta superar a los valores procedentes del secano. Si comparamos los valores de los dos tratamientos a lo largo de las distintas fechas de muestreo se comprueba que el tipo de tratamiento aplicado no influye en las concentraciones alcanzadas excepto en la fecha posterior al envero (Tabla 126).

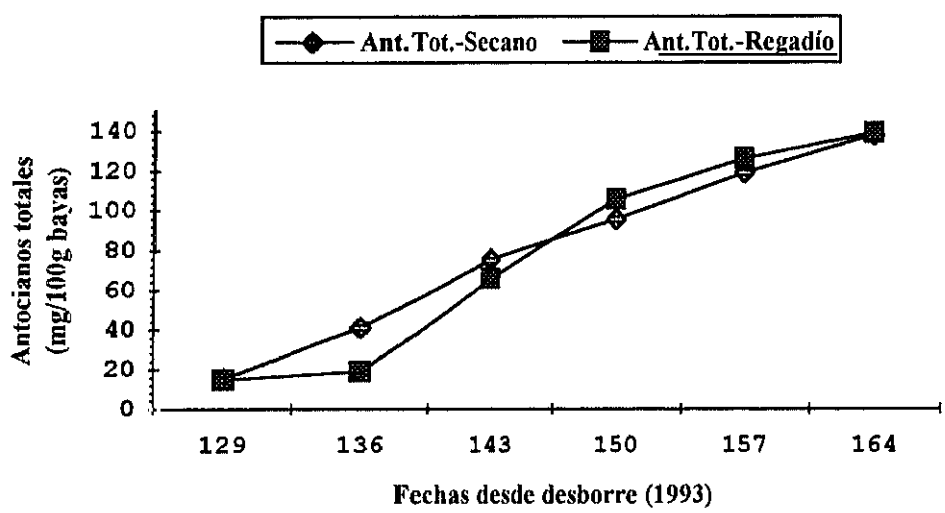
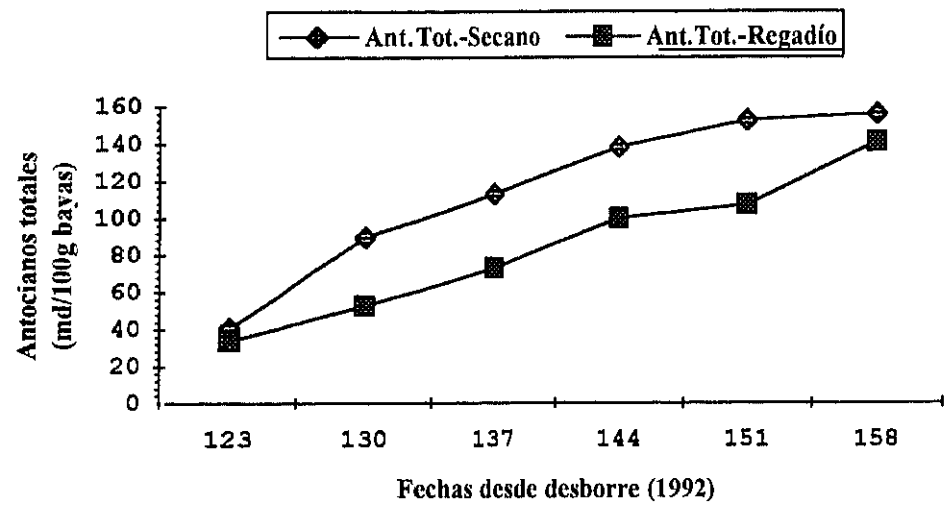
Las curvas de evolución de los antocianos totales a lo largo de la maduración en los dos tipos de tratamientos (mg/100g), presentan una tendencia de crecimiento que señala la síntesis continuada de estos pigmentos en el hollejo. La velocidad de síntesis de los antocianos hace que se produzca una cantidad suficiente para compensar el efecto de dilución debido al crecimiento de la baya, siendo este efecto superior en el tratamiento de regadío.

Somers (1976) observó que el contenido máximo de antocianos totales se alcanzaba a los 20 o 30 días después del envero, coincidiendo con valores de °Brix que oscilaban entre 21 o 24, y es a partir de los 30 días desde el envero cuando se produce una disminución en la cantidad total de antocianos, si bien no se aprecian cambios cualitativos incluso 50 días después del envero. La cantidad de azúcar presente en las bayas cuando se alcanza el máximo contenido de antocianos, es suficiente como para poder vinificar; por lo tanto no es necesario retrasar la fecha de la vendimia, pues a pesar de la mayor cantidad de azúcares que puede llegarse a producir, la materia colorante descendería, no alcanzándose el objetivo de obtener vinos de intensa coloración. Sin embargo Pirie y Mullins (1980) observaron que el contenido de antocianos en los hollejos permanecía constante hasta vendimia sin producirse ninguna disminución posterior.

Los déficits de agua aumentan la producción de pigmentos (antocianos) en las variedades tintas (Freeman y Kliewer, 1986; Bravdo y col., 1985; Hardie y Considine, 1976). Este efecto no solo es debido al descenso en el tamaño de la baya, ya que el efecto se sigue manteniendo cuando se expresa por unidad de superficie.

En nuestro caso el tratamiento de secano proporciona a las bayas un microclima más cálido que el regadío, ya que la menor disponibilidad hídrica incide en un desarrollo más escaso de la vegetación, que favorece una mayor exposición de los racimos a la radiación solar con la consiguiente evaporación; de aquí que el secano tenga una mayor concentración de estos

Gráfico 82.- Evolución de los antocianos totales (mg/100g de bayas) en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



compuestos en la mayoría de las fechas de muestreo, aunque en algunos momentos las diferencias no sean significativas.

En la evolución de estos compuestos son importantes las condiciones climatológicas a las que estén sometidas las bayas, ya que parece que su concentración final va a ser dependiente de las temperaturas (Jackson y Lombard, 1993). Winkler y Kliever (1974) sugieren que temperaturas demasiado frías o cálidas perjudican el enriquecimiento del color; y comprueban que el intervalo óptimo de la síntesis de antocianos se encuentra entre 17-26°C. Kliever y Torres (1972) estudiaron las temperaturas óptimas diurnas y nocturnas para una buena síntesis, así las nocturnas oscilaban en torno a 15-20°C y las diurnas no debían ser superiores a 30°C, aunque dichos intervalos dependían también de la variedad estudiada.

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 132), se observan diferencias en los valores entre los dos tratamientos sólo en 1992, siendo superiores las cifras en el secano mientras que en 1993 no hay diferencias; también existen diferencias a lo largo de las distintas fechas. A través del análisis de varianza se comprueba que en el comportamiento de los antocianos totales existe interacción de ambos factores, y por tanto influyen en el modelo de evolución de los dos años.

2.1.1.5.- Evolución de los taninos totales.

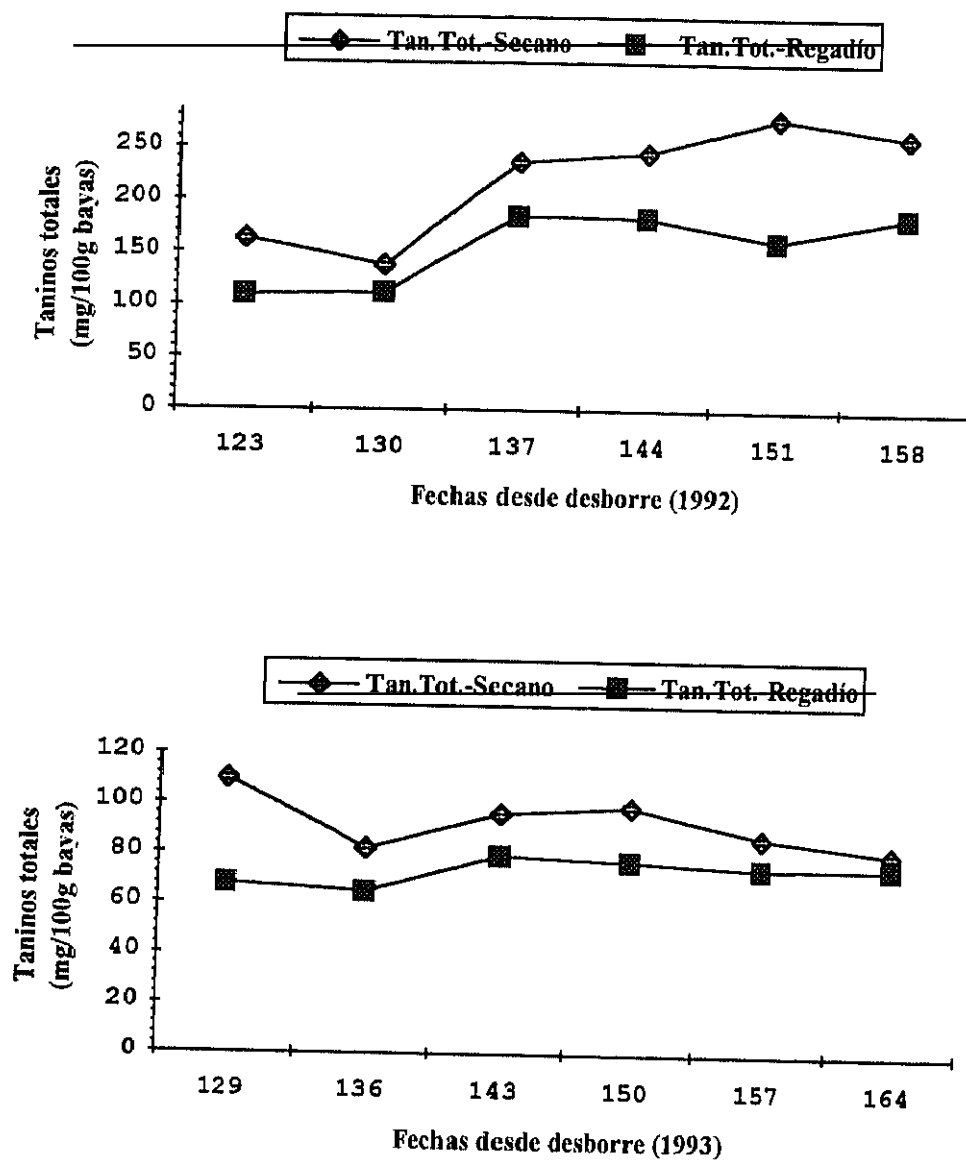
Los taninos totales en los dos tratamientos de los dos años tienen una tendencia ascendente (Tabla 39, Gráfico 83).

A) Estudio de los taninos totales en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa a partir del envero un ligero crecimiento seguido de un aumento con mayor pendiente, que va a continuar con una estabilización de los valores hasta el momento final de la maduración, terminando en 185,2 mg/100g de bayas. El test de Duncan muestra que la variación más significativa se produce entre las fechas 130 y 137, y nuevamente entre la 144 y la 151.

El tratamiento de secano se inicia con un ligero descenso seguido de un aumento continuado hasta la estabilización final de los valores en vendimia, momento en el que se alcanzan valores de 261,9 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica las mismas diferencias señaladas en el caso anterior.

Gráfico 83.- Evolución de los taninos totales (mg/100g de bayas) en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



Comparando los dos tratamientos los valores en el secano son siempre mayores que los del regadío, así en el estudio de las diferencias entre ambos tratamientos en cada una de las fechas de muestreo, se comprueba que existen diferencias en todas ellas excepto en la fecha 130 (Tabla 126).

B) Estudio de los taninos totales en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento de regadío se observa una práctica estabilización de los valores durante todo el proceso de maduración, con valores finales en vendimia de 75,2 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica diferencias entre las dos primeras fechas con el resto de las fechas, entre las que existe una igualdad de medias hasta la vendimia.

En el tratamiento de secano se ve que existe un descenso inicial seguido de un ligero aumento y una estabilización de los valores, disminuyendo de forma suave al final hasta llegar a 80,8 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica diferencias significativas entre las tres fechas que siguen al envero, siendo el resto de las fechas de la maduración iguales entre sí.

En este año los valores en el secano son mayores en todo el proceso a los de regadío aproximándose las cifras en vendimia, y por el análisis de varianza se deduce que las diferencias entre ambos tratamientos en las distintas fechas son significativas excepto en el momento de la vendimia (Tabla 126).

Al valorar globalmente la evolución de los taninos totales (mg/100g) se observa un mantenimiento de los valores a lo largo de la maduración en los dos tipos de tratamientos, si bien los valores son siempre superiores en el secano, posiblemente debido a que en este tipo de tratamiento el proceso de concentración es mayor por el menor tamaño de baya.

Este tipo de evolución coincide con la encontrada por Somers (1976) que observó cambios cualitativos progresivos y cuantiosos en la fracción de taninos. Durante las dos primeras semanas después del envero las variaciones que se producen se pueden apreciar por la modificación del color de esta fracción, y es a partir de la cuarta semana después del envero cuando las cantidades permanecen constantes. Los taninos son los principales compuestos responsables del amargor y la astringencia de los frutos, estas propiedades dependen del estado de condensación en el que se encuentren los taninos, observando que a medida que las bayas van madurando aumenta su estado de condensación y eso repercute en una pérdida de astringencia.

Somers (1976) observó que las cantidades de taninos por baya eran doce veces más elevadas que el contenido antociánico, si bien la evolución de los antocianos es muy similar a la de los taninos. Este autor estudia la naturaleza de las proantocianidinas (taninos) que se presentan al principio de la maduración, mediante la identificación de compuestos como la cianidina y delfinidina después de realizar una hidrólisis ácida en el mosto sobre un compuesto de partida que es un polímero rojo oscuro, y de ese modo poder caracterizar estos compuestos.

En el análisis factorial, tratamiento y fecha (Tabla 132), se observa que los valores de los taninos totales en los dos años son diferentes en función del tratamiento escogido, siendo mayores los datos en el seco con un nivel de significación del 0,05; en el mismo sentido los valores difieren significativamente en función de las fechas. La interacción de los dos factores es significativa en los dos años, lo que significa que ambos factores determinan la evolución de estos componentes.

2.1.1.6.- Evolución de la delfinidina y cianidina

A estos dos pigmentos se les denomina pigmentos primitivos (Roggero y col., 1986) ya que a partir de ellos, parece tener lugar la síntesis de los demás.

La delfinidina y cianidina evolucionan en los dos tratamientos y en los dos años con una tendencia ascendente (Tablas 40 y 41, Gráficos 84 y 85).

A) Estudio de la delfinidina y cianidina en el hollejo de uva en 1992

En el tratamiento de regadío se observa que la delfinidina va a aumentar durante las tres primeras fechas con una pendiente suave, seguido de un fuerte incremento debido a una mayor velocidad de acumulación, que va seguido de un periodo de estabilización y un posterior aumento, alcanzándose al final del proceso valores de 35,7 mg/100g de bayas. El test de Duncan confirma la evolución comentada, es decir, igualdad de medias en las primeras fechas de la evolución y durante el periodo de estabilización, pero produciéndose un claro aumento significativo entre las fechas iniciales y la última. La cianidina aumenta lentamente durante toda la maduración siendo un poco más acusado en el momento anterior a la fecha de la vendimia, alcanzando valores de 3,2 mg/100g de bayas. El test de Duncan señala que no hay diferencias hasta la fecha 151, donde se aprecia un ascenso significativo.

Gráfico 84.- Evolución de la delfinidina en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

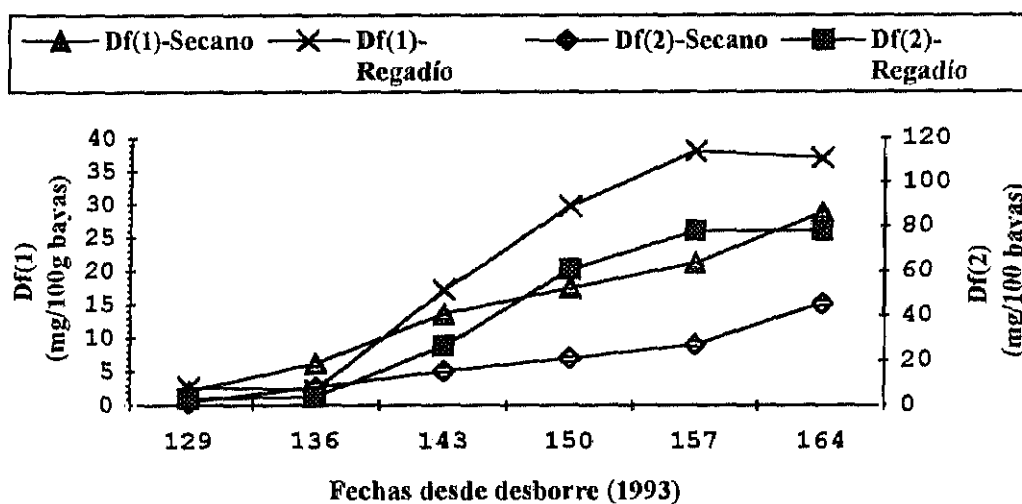
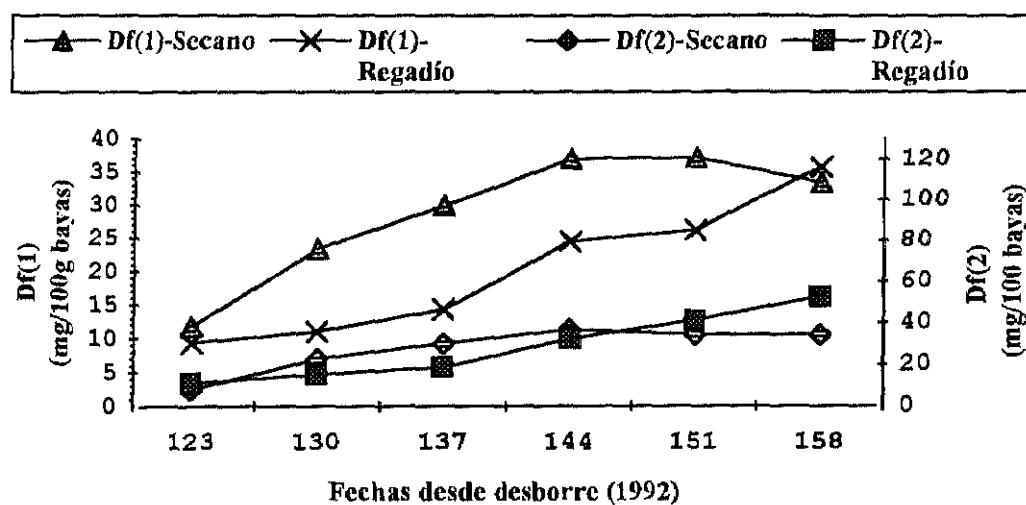
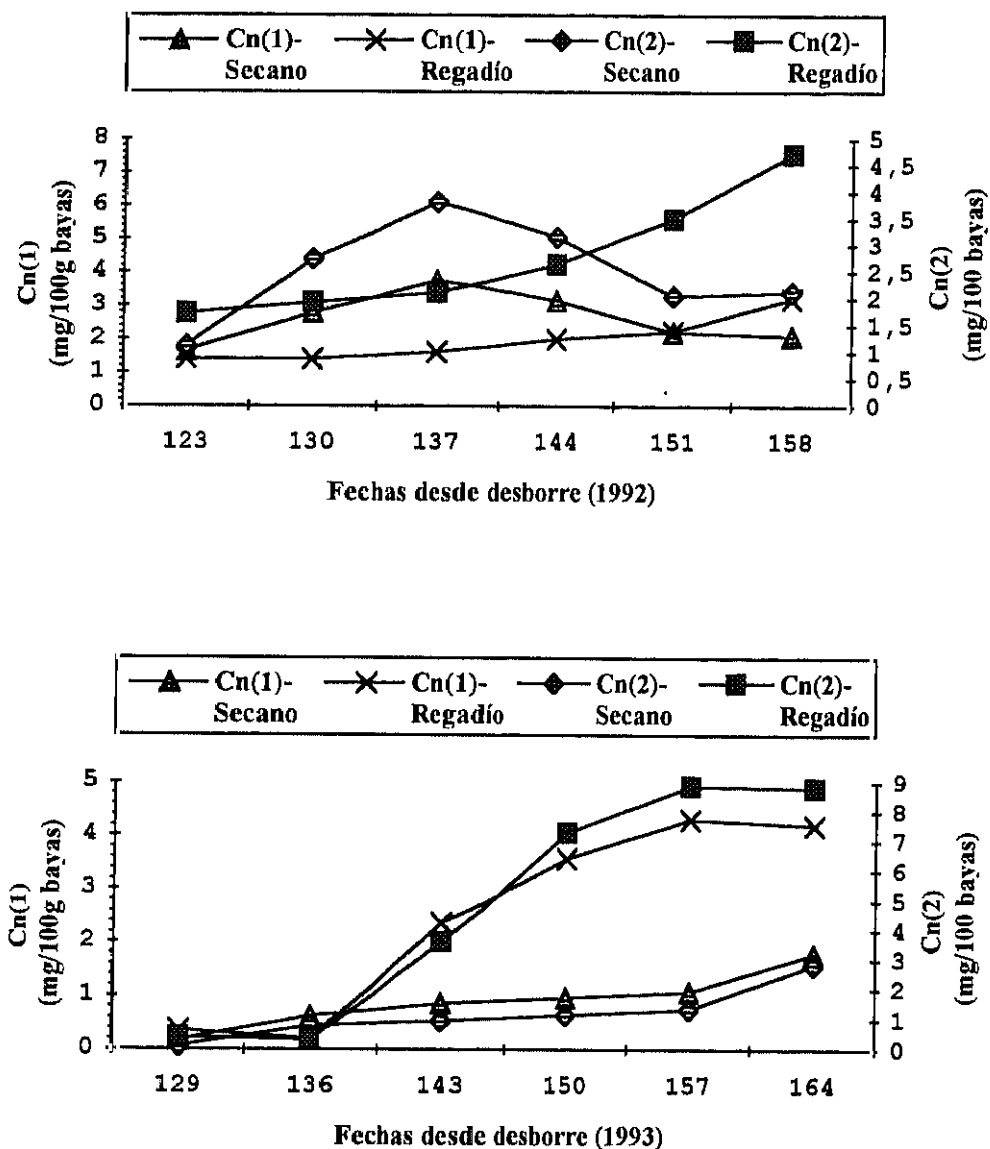


Gráfico 85.- Evolución de la cianidina en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



En el tratamiento de secano se observa que la delfinidina crece con una pendiente superior al regadío, y continúa ese proceso desde el envero hasta alcanzar un máximo en la fecha anterior a la vendimia, a partir de la cual desciende llegando a 33,4 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica que únicamente los incrementos que se producen en las tres primeras fechas son significativos. La cianidina inicia el crecimiento con un aumento rápido en las tres primeras fechas de maduración seguido de una disminución y de una recuperación muy ligera de los valores en el momento de la vendimia, llegando a 2,1 mg/100g de bayas. El test de Duncan confirma la evolución, ascensos significativos hasta la fecha 137 y descensos también significativos hasta dos fechas anteriores a la vendimia, alcanzándose el mismo nivel de significación inicial.

En este año los valores de la delfinidina y cianidina en el secano van a ser en todo el proceso superiores a los del regadío excepto en el momento de la vendimia, deduciéndose a partir del estudio estadístico, que los valores de la delfinidina difieren entre los dos tratamientos durante todas las fechas excepto en dos de ellas que son el envero y la vendimia, mientras que en la cianidina sólo se aprecian dos fechas con diferencias significativas entre tratamientos, 137 y 144, (Tabla 127).

B) Estudio de la delfinidina y cianidina en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento de regadío se ve que tanto para la delfinidina como la cianidina siguen el mismo modelo de evolución, es decir, en las dos primeras fechas se produce una estabilización inicial, seguido de un aumento muy rápido y continuado hasta que al aproximarse la fecha de la vendimia tiene lugar un pequeño descenso, que finaliza con valores para la delfinidina y cianidina de 37,0 y de 4,2 mg/100g de bayas respectivamente. En el caso de la delfinidina existen diferencias significativas entre las cuatro fechas del proceso de maduración que siguen al envero, mientras que para la cianidina sólo aparecen diferencias en las tres siguientes al envero, manteniéndose los valores alcanzados en los momentos finales de la evolución (test de Duncan).

En el tratamiento de secano los valores de la delfinidina inician un aumento continuado y rápido, aunque con una menor pendiente que en el regadío, si bien no va a cesar hasta la vendimia, llegando a 28,8 mg/100g de bayas. La cianidina sigue el mismo modelo descrito para el antociano anterior, existiendo un incremento más acentuado en la fecha anterior a la vendimia, a la que se llega al final a 1,8 mg/100g de bayas. El test de Duncan corrobora el proceso de evolución de la delfinidina, indicando diferencias significativas entre las fechas 136-143 y entre la

157-164; en el caso de la cianidina existen diferencias acentuadas entre la primera fecha y la de la vendimia no encontrándose variaciones significativas durante el resto de las fechas de la maduración.

En este año los valores de la delfinidina y cianidina en el regadío, son mayores a los de secano en todo el proceso, salvo en una fecha, 136. Las diferencias significativas encontradas por el análisis de varianza entre tratamientos, en la delfinidina se detectan en las tres últimas fechas, mientras que para la cianidina se manifiestan en las cuatro últimas (Tabla 127).

La delfinidina es uno de los antocianos presentes en las variedades tintas, y va a aumentar desde el envero hasta el final de la maduración, observándose en algún caso una ligera disminución justo antes de la vendimia, tanto en el regadío como en el secano. La ausencia de ese descenso final en algún año, posiblemente puede ser debido a que se adelanta el último muestreo, lo que impide apreciar la tendencia de la última fase. También la cianidina va a aumentar a lo largo del proceso de maduración, si bien el aumento es moderado con una tendencia a la estabilización de los valores.

Roggero y col. (1986) estudian la evolución de la delfinidina y cianidina, y observan un aumento acentuado en las primeras semanas de maduración, y un descenso posterior lento que justifican como una transformación de dichos pigmentos en otros más estables. Estos autores suponen que la presencia de cantidades elevadas de delfinidina o cianidina implican la ausencia de ciertas actividades enzimáticas que son las que los degradan provocando así un descenso brusco de los dos.

En el estudio de la síntesis de la delfinidina y cianidina (mg/100 bayas) se observa que en 1992 las cantidades en el regadío aumentan desde el primer momento, si bien se produce un cierto retardo en el comienzo de la síntesis respecto al secano, aunque a diferencia del secano no va a disminuir en ningún momento. La síntesis de los dos pigmentos en el secano supera a la del regadío hasta las dos últimas fechas de maduración que es cuando se invierte el proceso y además son las únicas fechas en las que aparecen diferencias significativas entre tratamientos para la cianidina y sólo en la fecha de la vendimia para la delfinidina. En 1993 en cambio el aumento de la cantidad de delfinidina y cianidina es creciente hasta la fecha de la vendimia en los dos tratamientos, siendo superior en el regadío en la mayoría de las fechas aunque sólo en las cuatro últimas fechas de maduración difieren significativamente.

De los resultados comentados se deduce que si en 1992 la síntesis de ambos antocianos es parecida en los dos tratamientos, supone que los valores de la concentración en secano (mg/g) sean más elevados debido al menor tamaño de baya; sin embargo en 1993, la mayor síntesis de dichos pigmentos en regadío hizo que las concentraciones en este tratamiento fueran mayores, superando el efecto de dilución mayor respecto al secano. El comportamiento de estos antocianos en los dos años ha sido totalmente diferente, por lo que hace pensar que las condiciones climatológicas, así como el microclima creado alrededor de los racimos en función del diferente aporte hídrico, influyen decisivamente en las cantidades alcanzadas, aunque los mecanismos que lo regulan son complejos.

A lo largo de las distintas fechas de la evolución, se observa que las proporciones en las que se encuentran estos pigmentos oscilan para la delfinidina entre un 26% y un 17% (secano) y entre un 24% a un 20% (regadío); mientras que la cianidina pasa de un 4% a un 1% (secano) y de un 3% a un 1% (regadío). Es decir, la cianidina permanece más uniforme a lo largo de la maduración, además los antocianos cambian dentro de esos intervalos mencionados de porcentajes de un modo más o menos amplio, en función del año de muestreo.

Estos resultados concuerdan con la teoría enunciada por primera vez por Harborne (1962) en la que la cianidina es el compuesto a partir del cual derivan los demás pigmentos antociánicos. Este hecho fue puesto de manifiesto posteriormente por Gonzalez (1989) al observar que la cianidina es la que crece menos pronunciadamente durante la maduración, y permanece con valores más constantes, además de ser el pigmento que se encuentra en menor proporción durante todo el proceso de maduración.

En el análisis factorial, tratamiento y fecha (Tabla 132), se observa que la delfinidina adquiere valores en los dos años con diferencias significativas en los distintos tratamientos siendo en 1992 los valores del secano superiores mientras que en 1993 ocurre lo contrario; en la cianidina se observa que sólo en 1993 existen diferencias significativas en los valores acumulados en cada tratamiento siendo superiores los valores en el regadío; además van a existir diferencias de los valores en función de la fecha estudiada para los dos casos. Finalmente se aprecia que la interacción de ambos factores es significativa en los dos años y para los dos antocianos.

2.1.1.7.- Evolución de la petunidina.

La petunidina en los dos tratamientos de los dos años tiene una tendencia ascendente (Tabla 42, Gráfico 86).

A) Estudio de la petunidina en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío se observa un crecimiento continuado aunque de forma escalonada, es decir, un suave aumento, seguido de un incremento de la pendiente y una estabilización de los valores, con un aumento final hasta la vendimia a la que se llega a cifras de 26,4 mg/100g de bayas. El test de Duncan muestra diferencias entre las tres primeras fechas y las dos siguientes, así como también entre las dos últimas, lo que demuestra el perfil escalonado de esta evolución.

En el tratamiento de secano el crecimiento es continuado con una tendencia en los últimos momentos a disminuir, finalizando con valores de 25,7 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica la existencia de diferencias entre las tres primeras fechas, no apreciándose cambios significativos a partir de ese momento.

En este año los valores de la petunidina en el secano son mayores en todo el proceso de maduración, aunque en el momento de la vendimia se aproximan mucho. La comparación estadística de los valores procedentes de ambos tratamientos a lo largo de las fechas de maduración, demuestra que existen diferencias significativas en todas las fechas excepto en el envero y la vendimia (Tabla 128).

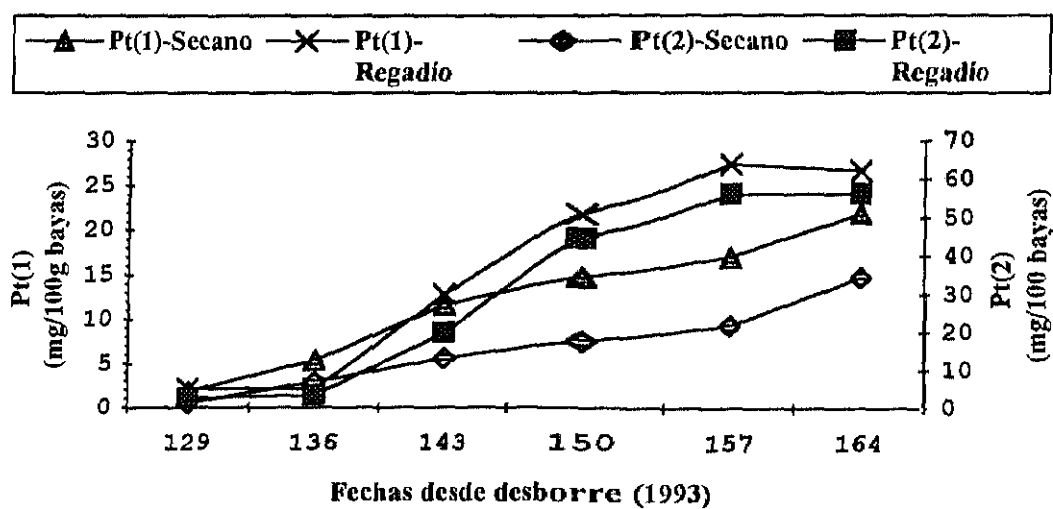
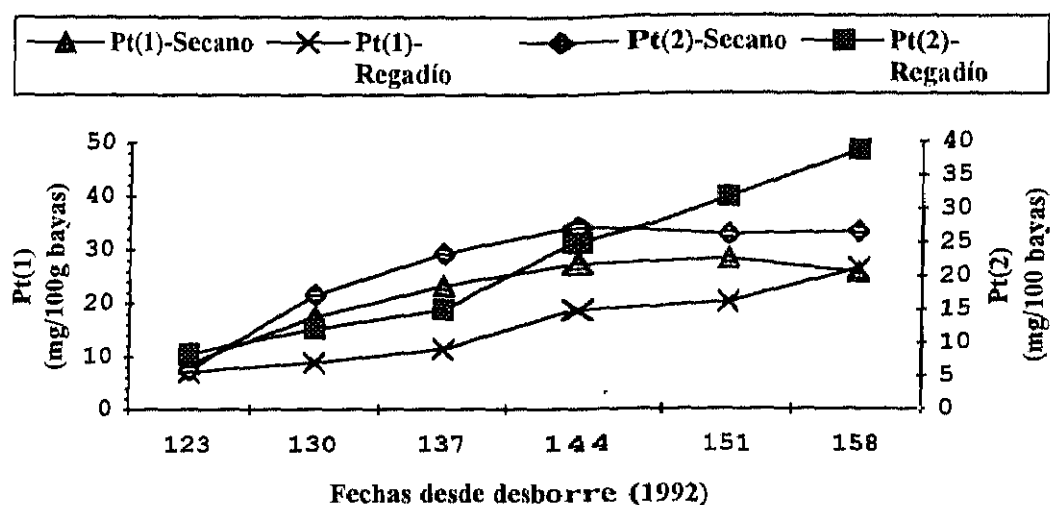
B) Estudio de la petunidina en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento de regadío se observa una estabilización en las dos primeras fechas, seguido de un rápido aumento hasta llegar al momento anterior a la vendimia que es cuando se produce una ligera disminución para llegar a 26,7 mg/100g de bayas. El test de Duncan muestra variaciones entre las cuatro fechas del proceso de maduración que siguen al envero.

En el tratamiento de secano se va a producir un continuo aumento desde el inicio del envero hasta el final de la maduración, llegando a valores finales de 21,9 mg/100g de bayas. Existen diferencias significativas principalmente entre las tres primeras fechas de la maduración, observándose igualdad de medias en los últimos momentos de la evolución (test de Duncan).

En este año, los valores en el regadío van a superar a los del secano a partir de la tercera fecha de maduración, y se aprecian diferencias entre los valores de la petunidina alcanzados en ambos tratamientos en todas las fechas, salvo la 129 y 143 (Tabla 128).

Gráfico 86.- Evolución de la petunidina en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



El comportamiento general de la petunidina (mg/100g) ha sido como en el resto de los monoglucósidos de crecimiento progresivo hasta la vendimia. En nuestro caso los valores de la petunidina no se han modificado mucho a lo largo de la evolución en ningún año de estudio, situándose entre el 15-18% respecto al total de antocianos, tanto para el regadío como para el seco.

Según Roggero y col. (1986) el glucósido de petunidina se obtiene a partir de la delfinidina y se transforma posteriormente en malvidina a través de reacciones inducidas por la enzima metil-transferasa. Sin embargo en condiciones normales los porcentajes de petunidina permanecen constantes (11-12%) durante toda la maduración, descendiendo ligeramente en el momento de la vendimia.

En nuestro ensayo la síntesis (mg/100 bayas) sigue el mismo modelo que en los anteriores antocianos en los dos tipos de tratamientos, es decir, en 1992 el seco supera al regadío hasta las dos últimas fechas, si bien la velocidad de crecimiento de este componente en el regadío, a partir de la tercera fecha de maduración, es muy acusada superando en poco tiempo al seco, pero sólo en vendimia y en la fecha 137 de la maduración existen diferencias significativas; en 1993 la velocidad de crecimiento es mayor en el regadío, apareciendo diferencias entre tratamientos en las tres últimas fechas.

Según Kliwer y Weaver (1971) las relaciones elevadas de producción/área foliar disminuyen la cantidad de pigmentos de las uvas hasta cuatro veces, sin apreciarse cambios sustanciales en los niveles de °Brix, mientras que la acumulación de estos compuestos se puede mejorar con condiciones climatológicas tales como la disminución de las temperaturas.

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 132), se observa que en los dos años existen diferencias significativas en los valores acumulados por la petunidina en el proceso de la maduración, siendo en 1992 los valores del seco superiores mientras que en 1993 ocurre lo contrario, con un nivel de significación en ambos casos del 0,01; además en todas las fechas existen diferencias en los valores alcanzados. En los dos años la interacción de ambos factores es significativa sobre los valores de la petunidina.

2.1.1.8.- Evolución de la peonidina y malvidina.-

Estos dos pigmentos son relativamente estables, siendo la malvidina el más representativo dentro de los antocianos de los hollejos de *Vitis vinifera*. Estos pigmentos representan los últimos

productos de las cadenas de transformaciones, y su abundancia es un índice de la actividad biológica que mantiene el cultivar estudiado.

Los dos antocianos en los dos tratamientos y durante los dos años tiene una tendencia ascendente (Tablas 43 y 44, Gráficos 87 y 88).

A) Estudio de la peonidina y malvidina en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento de regadío, tanto para la peonidina como para la malvidina, se observa un crecimiento continuado muy rápido desde el envero hasta la vendimia, siendo ese incremento en algunos tramos de la maduración más pronunciado, alcanzando al final valores de 9,0 y 85,5 mg/100g de bayas respectivamente. El test de Duncan señala una evolución escalonada produciéndose los incrementos más significativos entre las fechas 137-144 y entre la 151-158 para los dos antocianos.

En el tratamiento de secano el proceso se caracteriza, en ambos antocianos, por un aumento desde el envero hasta el final de la maduración, con una pendiente de crecimiento mayor a la del tratamiento de regadío, aunque al final del proceso los valores tienden a disminuir, llegando al final a 7,2 y 84,5 mg/100g de bayas respectivamente. En el caso de la peonidina existen aumentos parciales significativos hasta la fecha 144, mientras que para la malvidina se prolongan hasta la fecha 151 del proceso de maduración (test de Duncan).

Comparando ambos tratamientos se observa que los valores de estos dos antocianos en el secano son mayores a los del regadío durante toda la maduración, excepto en la fecha de la vendimia. En el estudio comparativo de los valores alcanzados en cada fecha por ambos tratamientos ensayados, se deduce que en la peonidina sólo existen diferencias significativas en dos fechas, 137 y 144, mientras que en la malvidina se comprueba que existen diferencias en todas las fechas excepto la primera y la última; es decir, en los dos casos se aprecia un distanciamiento de los valores en el medio del proceso de la maduración, mientras que tanto en el envero como en las últimas fechas de muestreo se aproximan los valores entre los dos tratamientos (Tabla 128).

B) Estudio de la peonidina y malvidina en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento de regadío existe entre las dos primeras fechas de muestreo una estabilización de los valores, produciéndose a continuación una aceleración en la acumulación de las cantidades de peonidina y malvidina, que va a continuar hasta el final de la maduración, si

Gráfico 87.- Evolución de la peonidina en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.

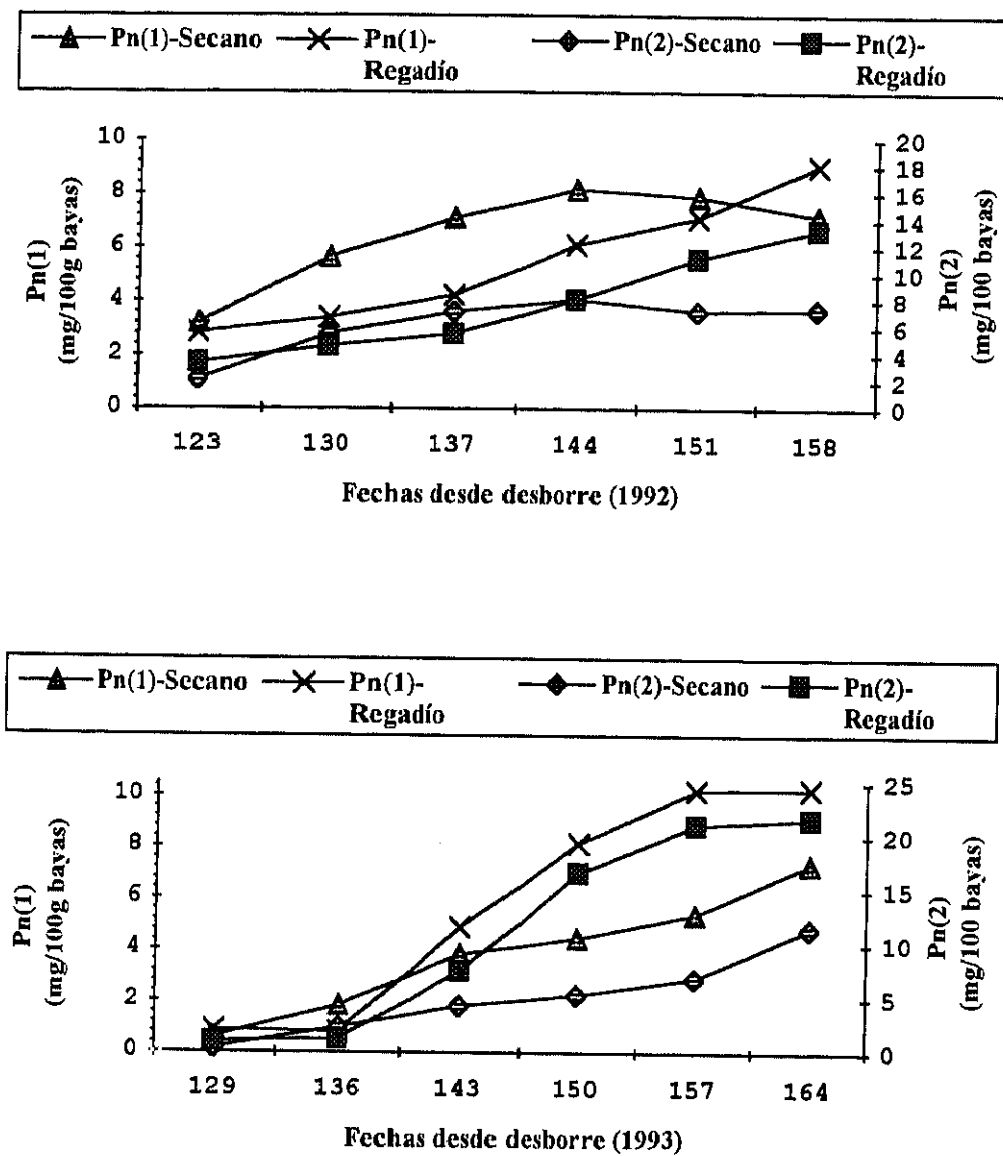
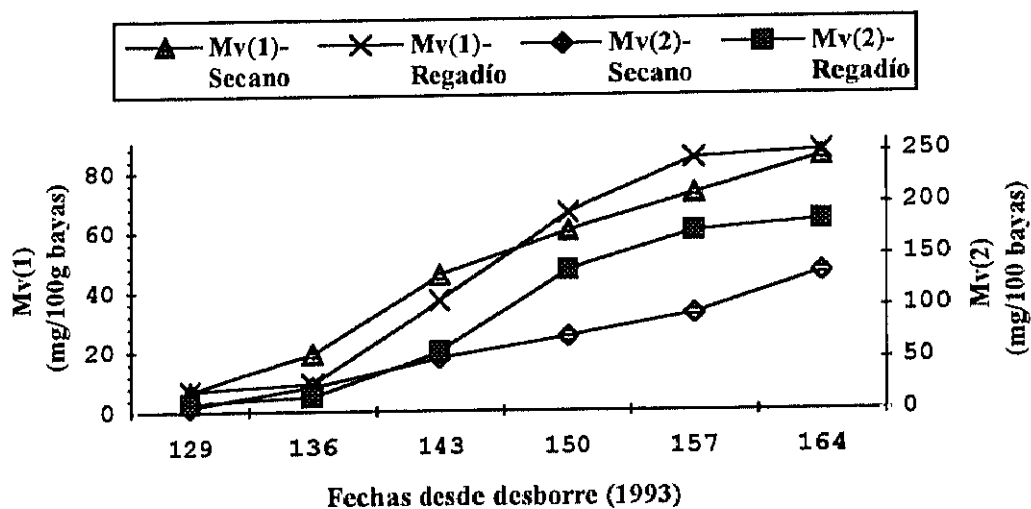
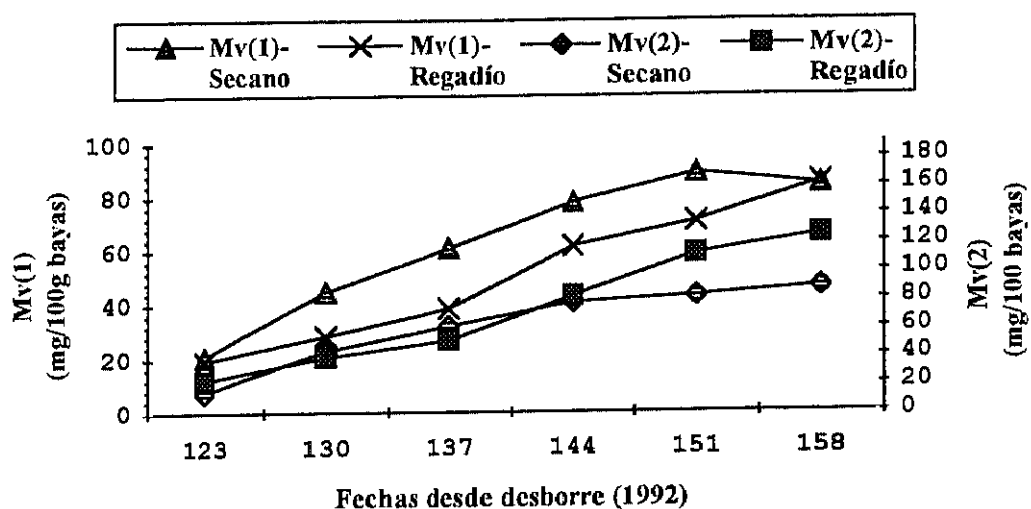


Gráfico 88.- Evolución de la malvidina en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintas condiciones hídricas.



bien justo antes de la vendimia existe una ligera disminución finalizando en 10,3 y 86,9 mg/100g de bayas respectivamente. El test de Duncan indica variaciones significativas entre las cuatro fechas de la maduración que siguen al envero, para los dos antocianos.

En el tratamiento de secano la evolución comienza tanto para la peonidina como la malvidina, con un crecimiento rápido, seguido de un aumento progresivo hasta el final del proceso de maduración, si bien la pendiente es menor que en el primer tramo de la maduración, alcanzando al final valores de 7,3 y 84,9 mg/100g de bayas respectivamente. Respecto a la peonidina se comprueba la existencia de variaciones a partir de la segunda fecha, 136, existiendo dos únicas fechas de este proceso con igualdad de medias, mientras que para la malvidina se observan diferencias entre todas las fechas del proceso de la maduración (test de Duncan).

En este año durante la mayoría de las fechas del proceso de maduración los valores alcanzados por los dos antocianos en el regadío son superiores a los del secano. En este año sólo se producen diferencias significativas entre tratamientos en las últimas tres fechas del estudio para la peonidina, y en el caso de la malvidina sólo en dos fechas, 136 y 157, aparecen diferencias mientras que el resto de las fechas presenta igualdad de medias (Tabla 128).

El perfil de la evolución de estos dos antocianos tiene una forma ascendente y sólo en algunos años existe una ligera disminución justo en las fechas anteriores a la vendimia, en aquellos años que no se produce puede ser porque la última fecha de muestreo tuvo lugar en días anteriores a la posible disminución. La malvidina es el que se encuentra en mayor proporción de los cinco antocianos estudiados, y por tanto sus concentraciones son las que más van a afectar a las posibles valoraciones de los antocianos totales, los cuales presentan unas curvas de evolución similar a cada uno de los ya estudiados de forma individualizada. Las concentraciones que alcanza la peonidina a lo largo de la evolución son muy similares y no muy elevadas, oscilando desde el envero hasta vendimia entre 5-7%, en el caso de la malvidina los porcentajes van desde 45-63%, aunque siempre las cantidades oscilan más o menos dependiendo del tratamiento elegido y por tanto de las condiciones microclimáticas de los racimos, así como en función del año.

Gonzalez (1989) observa que el predominio de los distintos antocianos depende de la variedad estudiada, así como del momento de maduración en el que se encuentren las bayas, y del año, si bien la malvidina es el que está en mayor proporción en cualquiera de las fechas de muestreo. En su estudio comprueba que el comportamiento de la variedad Tempranillo es similar a la Cencibel.

Cacho y col. (1992) observan que la evolución de la malvidina sigue el mismo modelo que el de los antocianos totales, y que es el antociano mayoritario en las tres variedades estudiadas, encontrándose en mayor proporción en la Garnacha seguido de la Tempranillo y Moristel.

Somers (1976) no observó cambios cualitativos en la composición de los antocianos totales durante la maduración, sino cuantitativos debido a la variación individual que se produce entre las bayas tomadas en el muestreo.

La síntesis de malvidina y peonidina (mg/100 bayas) se caracteriza porque en 1992 en los dos tratamientos se observa un aumento de las cantidades durante el proceso de maduración, si bien en las últimas fechas aumenta la velocidad de síntesis en el regadío respecto al secano, y es en estas dos últimas fechas donde se observan diferencias significativas entre ambos. En 1993 los dos tratamientos tienen un aspecto ascendente, pero el regadío desde las primeras fechas tiene una pendiente de crecimiento superior al secano, apareciendo diferencias significativas a partir de la fecha 137 de maduración en el caso de la peonidina y de la 144 en la malvidina. Por tanto el riego no se puede considerar una práctica que provoque una disminución de la síntesis de estos compuestos, sino todo lo contrario, aunque es necesario tener en cuenta el mayor tamaño de baya en este tratamiento que favorece un mayor efecto de dilución; por este motivo al comprobar las concentraciones de estos antocianos, se observa que en el momento de la vendimia no existen diferencias significativas en ningún año para la malvidina, y para la peonidina sólo aparecen en 1993 y siendo mayor el valor en el regadío; luego con el tratamiento de regadío se consiguen las mayores producciones de cosecha con la misma cantidad de materia colorante.

El contenido antociánico está fuertemente influenciado por las condiciones estacionales del año, así Cacho y col. (1992) observan al trabajar con distintas variedades de uva, que las condiciones climatológicas de los diferentes años provocan mayores diferencias en la cantidad de antocianos que las distintas variedades.

Además de estos cambios climáticos externos, es necesario conocer los factores internos que controlan su síntesis, así Pirie y Mullins (1976) proponen a la sacarosa como inductor en la producción de antocianos, tanto en las hojas como en los tejidos de la baya. Esto, junto con la observación de la acumulación de azúcares durante la maduración, sugiere la formación de pigmentos en función del nivel de carbohidratos solubles.

En el análisis factorial, tratamiento y fecha (Tabla 132), se observa que existen diferencias significativas en los valores de la peonidina entre los dos tratamientos sólo en 1993,

siendo los valores en el regadío superiores a los del secano; en la malvidina esas diferencias entre tratamientos aparecen en 1992, siendo superiores los valores en el secano con un nivel de significación del 0,05; además existen diferencias entre los valores que se alcanzan en las distintas fechas de maduración. En los dos años, los valores de peonidina y malvidina, son diferentes por la interacción de los dos factores.

2.1.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.

2.1.2.1.- Evolución de la intensidad y tonalidad colorante.

La intensidad colorante en los dos tratamientos durante los dos años tiene una tendencia ascendente mientras que la tonalidad es descendente (Tablas 80 y 81, Gráfico 89).

A) Estudio de la intensidad y tonalidad colorante en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa una estabilización inicial en los valores de la intensidad, seguida de un aumento con una pendiente elevada, que continúa creciendo con una velocidad inferior al tramo anterior, hasta el momento final de la maduración al que se llega a cifras de 0,24. La tonalidad se caracteriza por una disminución hasta el momento final, si bien en las primeras fechas existe una oscilación de los valores, llegando en vendimia a 0,38. El test de Duncan señala en el caso de la intensidad, variaciones significativas en los tramos comprendidos entre las fechas 130-137 y 151-158, y en la tonalidad diferencias entre las tres primeras fechas con el resto de las fechas de la maduración.

En el tratamiento en espaldera el proceso seguido es el mismo que en el vaso para las dos variables solo que los valores finales son de 0,20 para la intensidad y 0,39 para la tonalidad. El test de Duncan indica en qué momentos de la evolución de dichos parámetros las variaciones han sido estadísticamente significativas.

En la intensidad colorante los valores del vaso superan a los de la espaldera a partir de la fecha 137 y sigue así hasta el final, mientras que en la tonalidad sucede todo lo contrario y son los valores de la espaldera los que predominan sobre el vaso hasta el final. En el estudio de las diferencias entre tratamientos se observa que en la intensidad no existen diferencias en ninguna fecha excepto en dos de ellas (144 y 151), mientras que en la tonalidad sucede lo mismo pero las fechas en las que aparecen diferencias significativas son la 123, 137, y 144 (Tabla 124).

Gráfico 89.- Evolución de la intensidad y tonalidad colorante en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

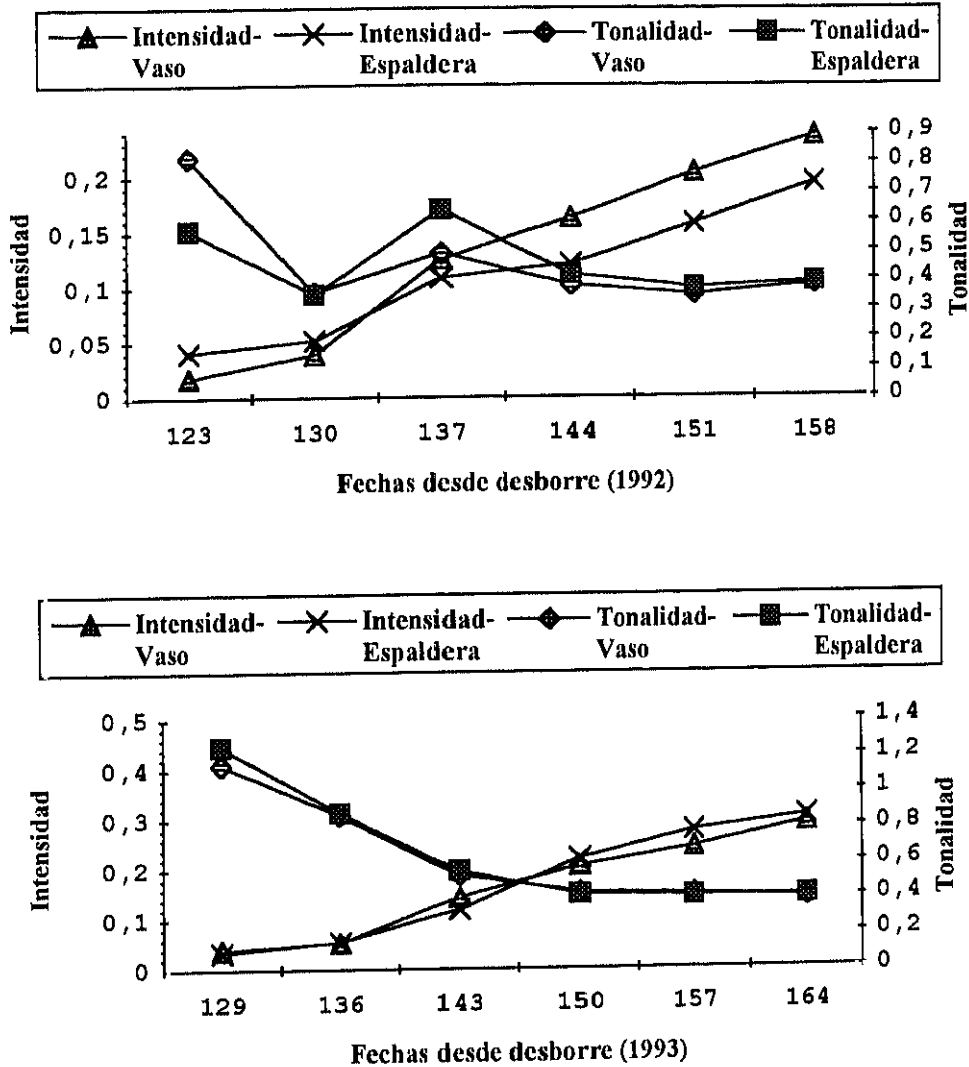


Gráfico 90.- Evolución de la densidad óptica a 520 nm en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

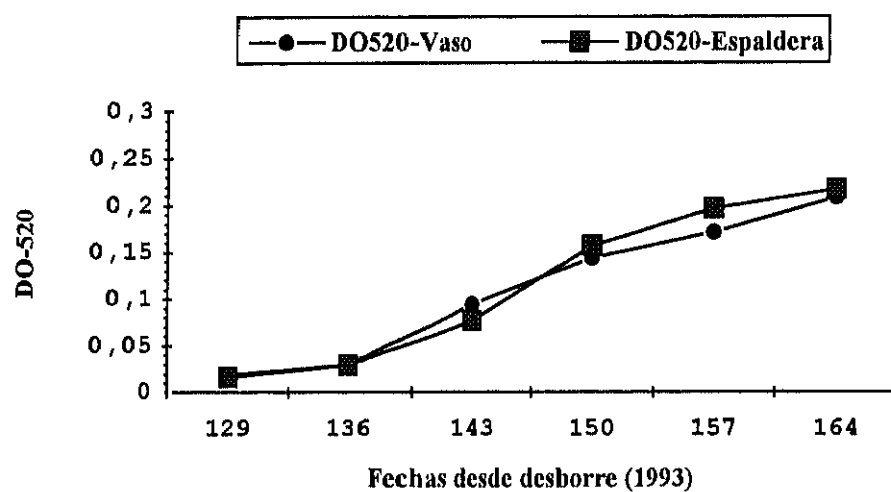
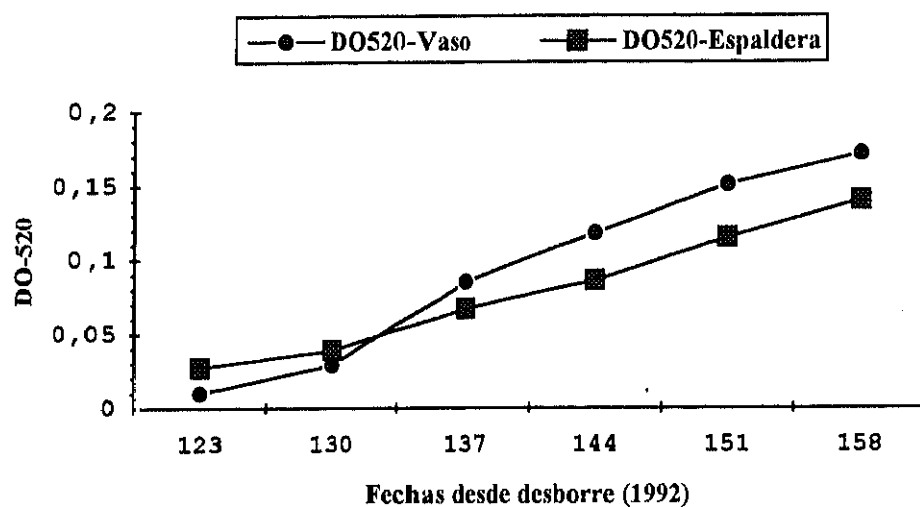
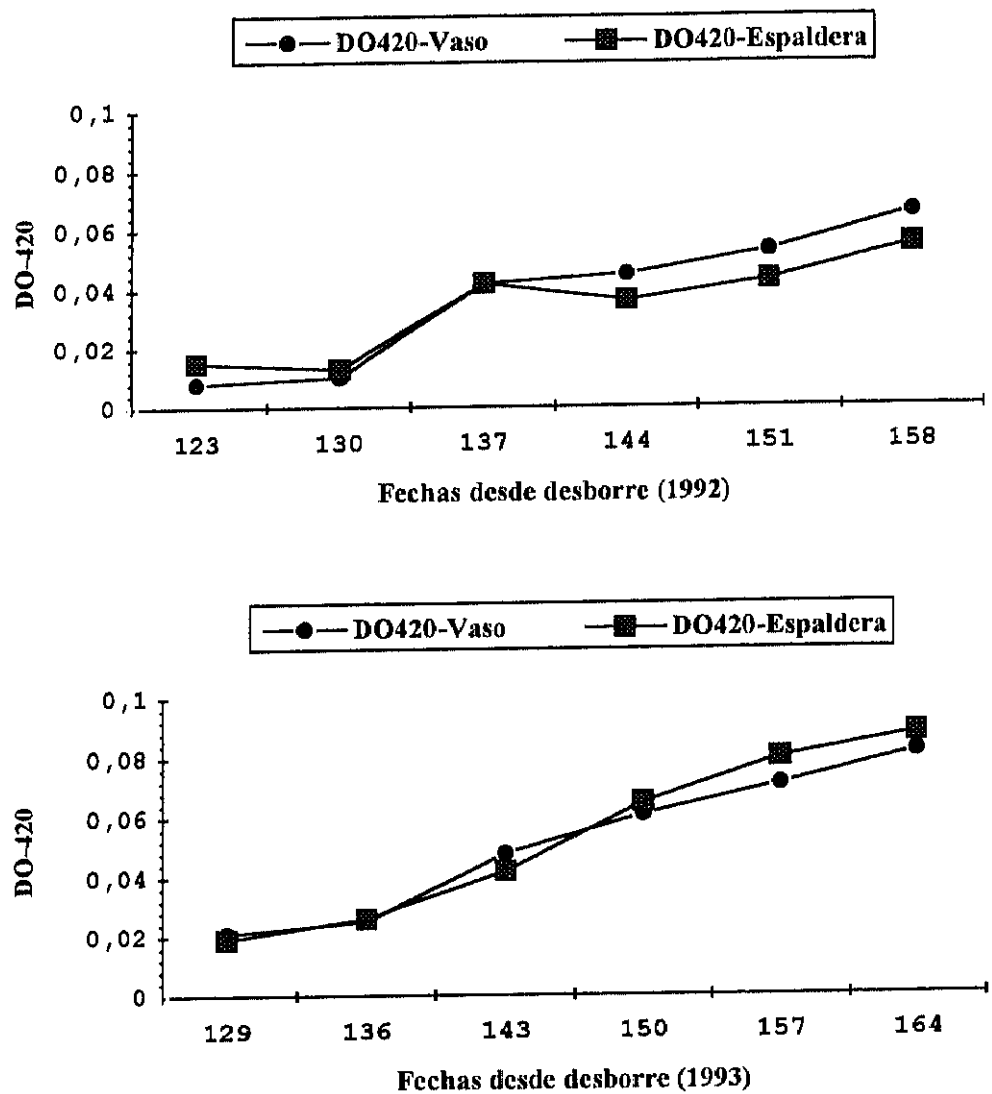


Gráfico 91.- Evolución de la densidad óptica a 420 nm en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



B) Estudio de la intensidad y tonalidad colorante en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento en vaso se observa un crecimiento continuo de la intensidad desde el envero hasta el final de la maduración siendo la pendiente de aumento mayor a partir de la fecha 136 y llegando al final a 0,29. La tonalidad se caracteriza por un proceso contrario, es decir, una caída acusada de estos valores durante las tres primeras fechas de maduración seguido de una estabilización con una ligera tendencia a descender hasta vendimia, terminando en cifras de 0,39. El test de Duncan señala los tramos en los que se producen las diferencias significativas.

En el tratamiento en espaldera el modelo que sigue tanto la intensidad como la tonalidad es exactamente el mismo que en el del vaso, se diferencian ambos tratamientos en los valores finales siendo de 0,31 y 0,41 respectivamente. El test de Duncan confirma dichas evoluciones, señalando los momentos en los que se producen incrementos o descensos significativos.

Los valores de la intensidad en el vaso son superiores al principio del proceso pero van a ser superados por los de la espaldera a lo largo de la maduración, mientras que los valores de la tonalidad entre ambos tratamientos están muy próximos. El análisis de varianza constata que no se produce en ninguna fecha diferencias significativas entre tratamientos ni para la intensidad ni para la tonalidad (Tabla 124).

La tendencia general del perfil de las curvas de evolución de la intensidad y tonalidad colorante en el hollejo responden al mismo comportamiento observado para estos mismos parámetros en el mosto de uva, es decir, en el caso de la intensidad va a aumentar continuamente hasta la vendimia, ya que también lo hacen en ese mismo sentido las absorbancias a 520 y 420 nm (Tablas 78 y 79, Gráficos 90 y 91), mientras que en la tonalidad se produce el proceso contrario. Esto supone que a lo largo de la maduración aumentan las tonalidades rojas (DO-520) y disminuyen las amarillas (DO-420). Los valores en los dos tratamientos son muy parecidos o ligeramente superiores en el vaso, si bien el cambio en el sistema de conducción, es decir, en la geometría de la cepa que modifica la iluminación de los racimos no cambia significativamente los parámetros del color.

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 134), se observa que sólo en 1992 los valores de la intensidad son diferentes en función del tratamiento elegido mientras que en la tonalidad no existen diferencias en ningún año según el tratamiento; en ambos casos sí existen diferencias cuantitativas en los valores alcanzados en las distintas fechas según el año de que se

trate. En este mismo análisis se aprecia que para las dos variables estudiadas sólo en 1992 los valores son diferentes en función de la interacción de ambos factores.

2.1.2.2.- Evolución de los polifenoles totales.

Los polifenoles totales en los dos tratamientos durante los tres años tiene una tendencia ascendente (Tabla 82, Gráfico 92).

A) Estudio de los polifenoles totales en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa un crecimiento continuado desde el envero hasta el momento final de la maduración, aunque el crecimiento no presenta un ritmo muy elevado, terminando en 317,5 mg/100g de bayas. El test de Duncan confirma la evolución al indicar diferencias entre la primera fecha con las tres siguientes y las dos últimas.

En el tratamiento en espaldera el proceso es exactamente el mismo, la única diferencia es que los valores son inferiores a los alcanzados por el vaso durante todo el proceso, llegando a cifras finales muy similares a los anteriores, 309,1 mg/100g de bayas. El test de Duncan en este caso señala también las mismas diferencias que en el vaso.

En el estudio de las diferencias en los valores adquiridos por los dos tratamientos se observa que no existen diferencias significativas excepto en la fecha 151 (Tabla 125).

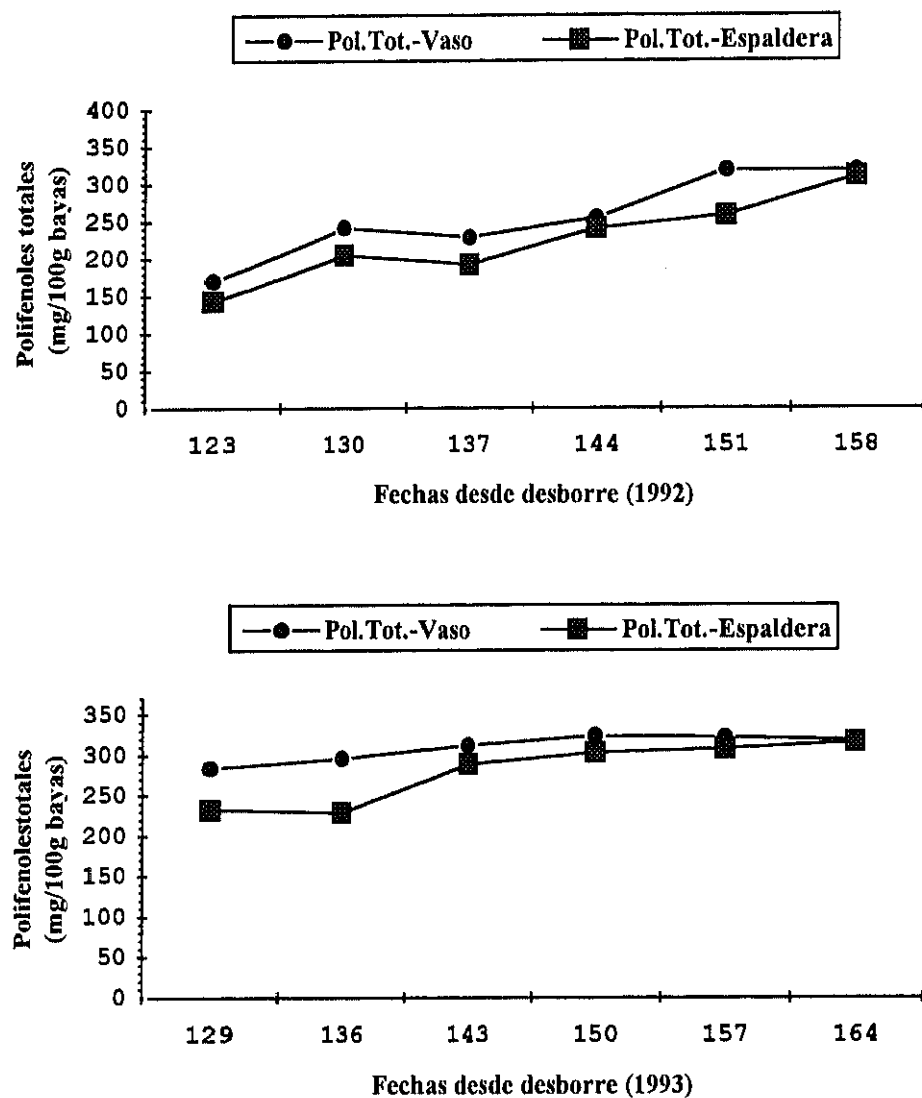
B) Estudio de los polifenoles totales en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento en vaso se observa una estabilización de los valores durante todo el proceso de maduración llegando en vendimia a valores de 317,9 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica diferencias entre las dos primeras fechas con el resto de las fechas de la maduración.

En el tratamiento en espaldera se produce en las dos primeras fechas un mantenimiento de los valores seguido de una aumento muy ligero con una estabilización hasta el final de la maduración llegando en vendimia a cifras de 315,9 mg/100g de bayas. A partir del test de Duncan se deducen las mismas diferencias que en el tratamiento en vaso.

Los valores en el vaso son superiores a los de espaldera en todo el proceso, aunque también se observa que hay una aproximación de los valores a medida que se acercan al momento de la vendimia. En este año existen diferencias entre los dos tratamientos en las dos primeras

Gráfico 92.- Evolución de los polifenoles totales (mg/100g de bayas) en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



fechas y ninguna a partir de este momento por lo que se confirma el proceso de la evolución (Tabla 125).

La tendencia de la evolución de estos compuestos en el hollejo (mg/100g) se caracteriza por un mantenimiento de los valores desde el envero hasta el final de la maduración, con una ligera tendencia ascendente, esto indica que se produce una acumulación en la baya no demasiado grande para compensar el efecto de dilución, siendo en los dos años los valores en el vaso superiores respecto a los de la espaldera.

Morrison y Noble (1990) observan como los fenoles totales pueden aumentar ligeramente cuando existe un aumento de la exposición de los racimos a la luz solar, mientras que Hunter y col. (1991) observan que esos compuestos permanecen constantes. En cualquier caso Smart (1987) considera que cualquier cambio en la cantidad de luz que llega al interior del canopy y que puede aumentar la temperatura de la baya, es capaz de controlar la composición fenólica de las uvas.

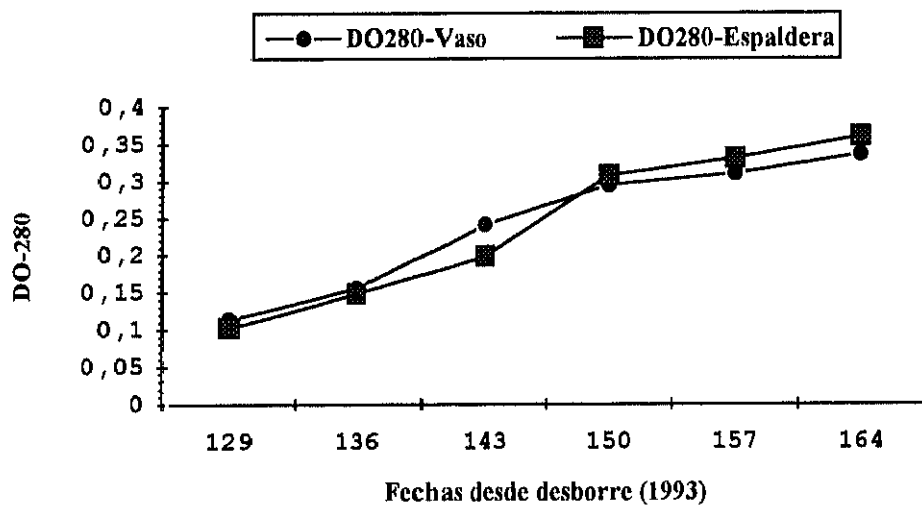
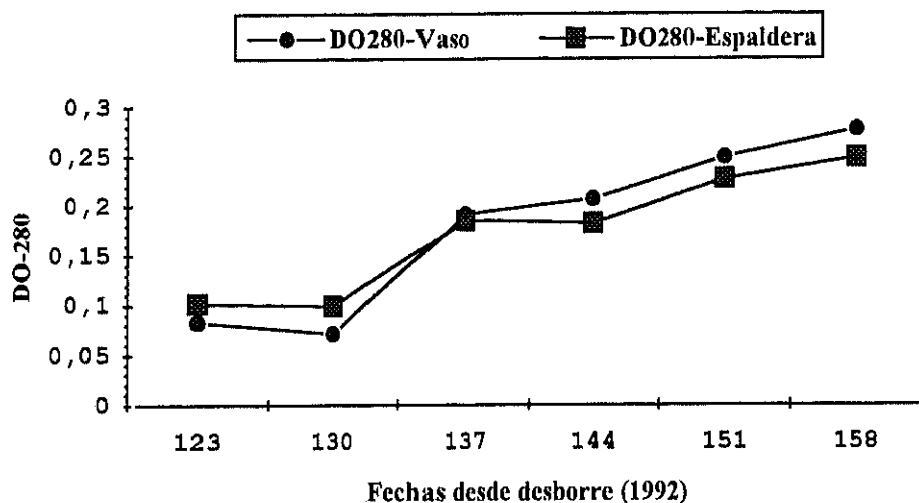
En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 134), se comprueba que sólo en 1993 existen diferencias en los valores adquiridos según el tipo de tratamiento empleado, siendo superior en el caso del vaso, y además los valores difieren según la fecha. En este análisis se ve que sólo en 1993 los valores son distintos por interacción de dichos factores.

La absorbancia a 280 nm en los dos tratamientos de los dos años tiene una tendencia ascendente (Tabla 83, Gráfico 93).

Es una medida global de la absorbancia de los grupos fenólicos presentes, así la tendencia general del perfil de evolución de la densidad óptica a 280 nm a lo largo de los dos años, se caracteriza por un crecimiento continuo desde el envero hasta el final del proceso de maduración, alcanzando valores muy próximos en los dos tipos de tratamientos ensayados durante todas las fechas de muestreo, si bien en 1992 los valores en el sistema de conducción en vaso son superiores a los de la espaldera, mientras que en 1993 los valores están muy próximos. En el análisis de varianza aplicado se observa que en los dos años prácticamente no existe ninguna fecha con diferencias significativas entre tratamientos: la 130 y 144 en 1992 y la 143 en 1993.

En el análisis multifactorial, de tratamiento y fecha (Tabla 134) en los dos años se comprueba que en ninguno de ellos existen diferencias en los valores adquiridos en función del

Gráfico 93.- Evolución de la densidad óptica a 280 nm en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



tratamiento empleado, además sólo en 1992 las absorbancias son diferentes por la interacción de esos dos factores.

2.1.2.3.- Evolución de los antocianos totales.

Los antocianos totales en los dos tratamientos durante los dos años tiene una tendencia ascendente (Tabla 84, Gráfico 94).

A) Estudio de los antocianos totales en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa un crecimiento rápido desde el primer momento de la maduración hasta el final, si bien existe una ligera disminución al acercarse a vendimia, alcanzando valores de 164,6 mg/100g de bayas. El test de Duncan muestra diferencias entre todas las fechas del proceso, excepto entre las dos últimas que son iguales.

En el tratamiento en espaldera el proceso de crecimiento de los valores es el mismo solo que con una pendiente de aumento menos acusada, acentuándose el aumento al llegar a la fecha de la vendimia, que es cuando se alcanzan cifras de 141,1 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica diferencias entre las fechas 130, 137, 144 y la vendimia.

Los valores en el vaso son superiores a los de espaldera, y en el análisis de varianza se comprueba que las diferencias entre los dos tratamientos se producen únicamente en las fechas finales de la maduración (Tabla 126).

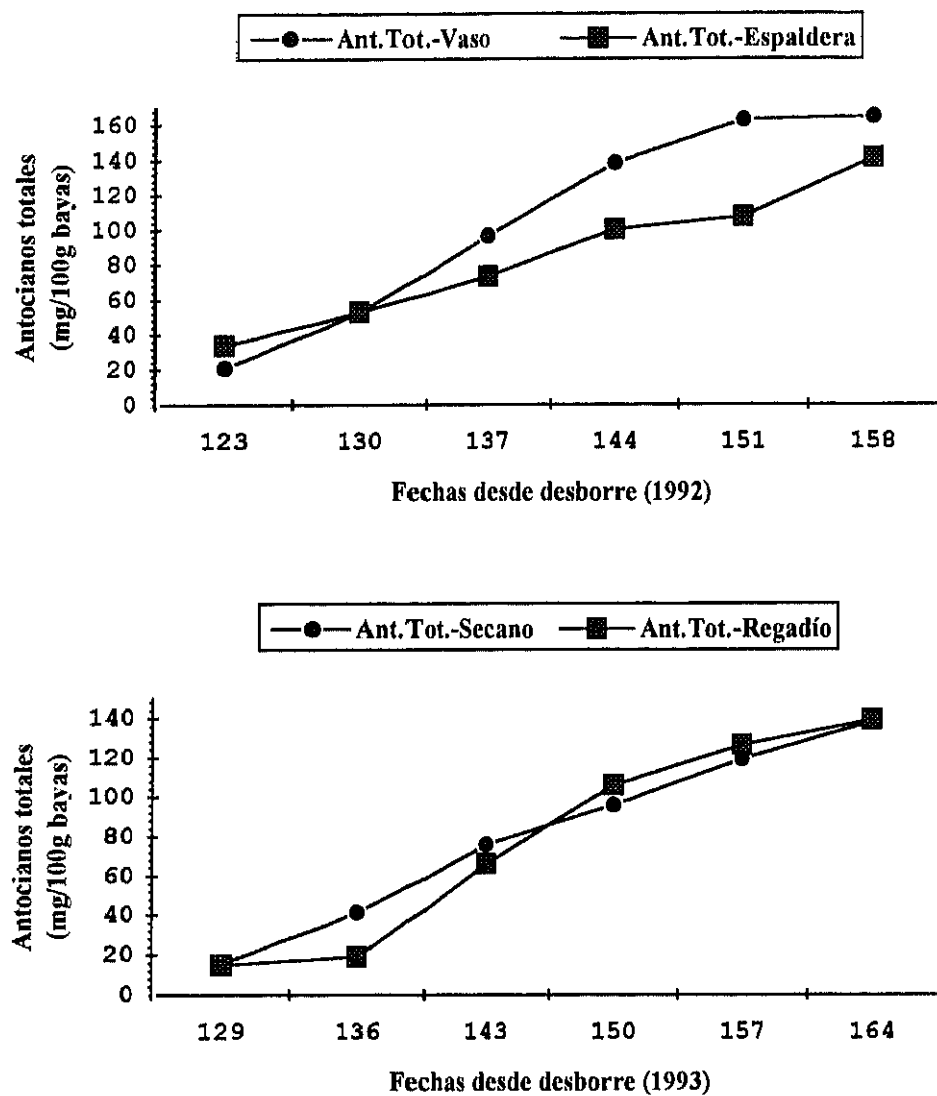
B) Estudio de los antocianos totales en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento en vaso el proceso que se sigue es de un aumento continuado y rápido desde el envero sin disminuir en ningún momento y con una pendiente pronunciada, llegando en vendimia a 133,0 mg/100g de bayas. El test de Duncan señala diferencias entre las cuatro fechas intermedias de este proceso, existiendo igualdad de medias entre las dos últimas fechas y entre las dos primeras.

En el tratamiento en espaldera se produce una inicial estabilización de los valores en las dos primeras fechas seguido de un aumento muy rápido en la concentración, cuya pendiente va disminuyendo al acercarse el final de la maduración, terminando en 139,2 mg/100g de bayas. El test de Duncan manifiesta las mismas diferencias que en el tratamiento anterior.

Los valores en el vaso empiezan siendo superiores a los de espaldera pero en la tercera fecha el ritmo de aumento en la espaldera es mayor y los valores superan a los del vaso. Esos

Gráfico 94.- Evolución de los antocianos totales en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



valores están muy próximos, lo que se comprueba a través del análisis de varianza que demuestra que no existe ninguna fecha en la que aparezcan diferencias entre los dos tratamientos (Tabla 126).

Las curvas de evolución de los antocianos (mg/100g) desde el envero hasta vendimia muestran en los dos tratamientos un aumento continuado sin producirse ninguna disminución antes de vendimia, los valores en el vaso son iguales o ligeramente superiores a los de la espaldera. Darné (1988) indica que a partir del envero se empieza a observar en las uvas tintas un aumento en la concentración de los antocianos, si bien la síntesis empieza dos o tres semanas antes de que sea visible la coloración.

La bibliografía confirma normalmente, que el sombreado de los racimos crea un microclima que no favorece el aumento de los antocianos, sin embargo en nuestro caso el vaso no ha producido un sombreado excesivo como para apreciar diferencias significativas importantes en el color de los hollejos respecto a la espaldera.

Según Darné (1993) a raíz de su estudio sobre la evolución de compuestos fenólicos en los distintos órganos de la planta, propuso una nueva teoría sobre la síntesis de antocianos de los hollejos a partir de una fracción de taninos proantociánicos que se van acumulando hasta el envero en las pepitas y en el pericarpio, y no a partir de los glúcidos de la baya como se había sugerido hasta ese momento (Pirie y Mullins, 1980). Observaron que existe una relación directa entre la acumulación de antocianos y la desaparición de taninos de las pepitas y del pericarpio, por tanto desde el punto de vista fisiológico la capacidad de síntesis de los antocianos está ligada a la facilidad de las pepitas para exportar precursores antociánicos, previamente acumulados en el periodo comprendido entre la formación de las pepitas y el envero (maduración de las pepitas). Por otro lado esa síntesis necesita de la intervención de una sustancia, emitida por las hojas, que participa en la activación de uno o más enzimas implicados en las etapas de transformación de los taninos en antocianos. En sus experiencias se produjo la coincidencia del inicio de la síntesis de antocianos y la acumulación de ácido abscísico (ABA) en las bayas, lo que le hizo pensar que este inhibidor del crecimiento puede jugar un papel importante en el metabolismo antociánico, además de influir en el periodo de formación y maduración de las semillas.

Las condiciones climatológicas influyen de manera importantes en cuanto a la cantidad de materia colorante sintetizada, de modo que en cada uno de los años del ensayo la cantidad de

pigmentos varía a lo largo de la evolución, si bien únicamente en las fechas intermedias no existen variaciones apreciables entre los dos tratamientos.

En el análisis factorial, tratamiento y fecha (Tabla 134) a lo largo de los dos años, se observa que sólo en 1992 existen diferencias en los valores acumulados en función del tratamiento escogido y por la interacción de los dos factores.

2.1.2.4.- Evolución de los taninos totales.

Los taninos totales en los dos tratamientos durante los dos años tiene una tendencia ascendente (Tabla 85, Gráfico 95).

A) Estudio de los taninos totales en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa una estabilización de los valores en las dos primeras fechas seguido de un aumento y mantenimiento de los valores durante el resto del proceso de maduración con una ligera tendencia a la disminución de la concentración al llegar a vendimia alcanzando en este momento cifras de 179,4 mg/100g de bayas. El test de Duncan muestra diferencias entre las dos primeras fechas con el resto de las fechas del proceso.

En el tratamiento en espaldera el proceso es el mismo que en el caso anterior con una tendencia a la disminución en la fase final, si bien existe una recuperación en el momento anterior a la vendimia para terminar en 185,2 mg/100g de bayas. El test de Duncan muestra diferencias entre las dos primeras fechas con el resto, si bien entre las cuatro últimas fechas existe igualdad de medias excepto en una de ellas (151).

Los valores en vaso suelen ser mayores a los de espaldera en un mayor número de fechas aunque no existe mucha diferencia en las cifras, así al aplicar el análisis de varianza se observa que no existen diferencias entre los dos tratamientos en ninguna fecha, excepto en la 123 y 151 del proceso de maduración (Tabla 126).

B) Estudio de los taninos totales en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento en vaso se produce desde el primer momento una disminución pero de forma muy ligera dando la apariencia de una estabilización hasta alcanzar en vendimia cifras de 73,8 mg/100g de bayas. El test de Duncan muestra semejanza entre todas las fechas.

En el tratamiento en espaldera ocurre una inicial disminución muy ligera seguido de un aumento y estabilización final de los valores durante el resto del proceso, con una tendencia a

disminuir hasta llegar a 75,2 mg/100g de bayas. El test de Duncan señala diferencias entre las dos primeras con el resto de las fechas de maduración.

Los valores en los dos tratamientos son muy similares y sólo en las dos primeras fechas se aprecia un mayor distanciamiento, esto se pudo confirmar con el análisis de varianza que muestra únicamente esas dos fechas con diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 126).

La evolución de estos compuestos (mg/100g) se caracteriza por mostrar una tendencia de mantenimiento de los valores a lo largo de toda la maduración, esto indica la existencia de una síntesis reducida.

En el análisis multifactorial, tratamiento y fecha (Tabla 134), se ve que en los dos años los valores son diferentes tanto por el tipo de tratamiento elegido como por la interacción de los dos factores.

2.1.2.5.- Evolución de la delfinidina y cianidina.

La delfinidina en los dos tratamientos durante los dos años tiene una tendencia ascendente (Tablas 86 y 87, Gráficos 96 y 97).

A) Estudio de la delfinidina y cianidina en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso el proceso, tanto para la delfinidina como para la cianidina, se inicia con un aumento de los valores durante las tres primeras fechas, seguido de un incremento en la pendiente de crecimiento, y una estabilización posterior, finalizando con una disminución hasta el momento de la vendimia al que se llega a cifras de 48,4 y 6,9 mg/100g de bayas respectivamente. El test de Duncan señala diferencias para la delfinidina entre las tres primeras fechas con las tres últimas, mientras que para la cianidina igualdad de medias entre casi todas las fechas, si bien sí se diferencian las dos primeras fechas con las tres últimas.

En el tratamiento en espaldera se observa en la evolución de la delfinidina una estabilización de los valores en las primeras fechas de maduración, seguido de un aumento hasta el momento final con varias pendientes de crecimiento, mientras que la cianidina tiene un aumento muy ligero desde el principio hasta el final de la maduración, llegando a la vendimia a cifras de 35,7 y 3,2 mg/100g de bayas respectivamente. El test de Duncan señala diferencias para la delfinidina entre las tres primeras fechas de este proceso con las tres últimas, mientras que las

Gráfico 96.- Evolución de la delfinidina en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.

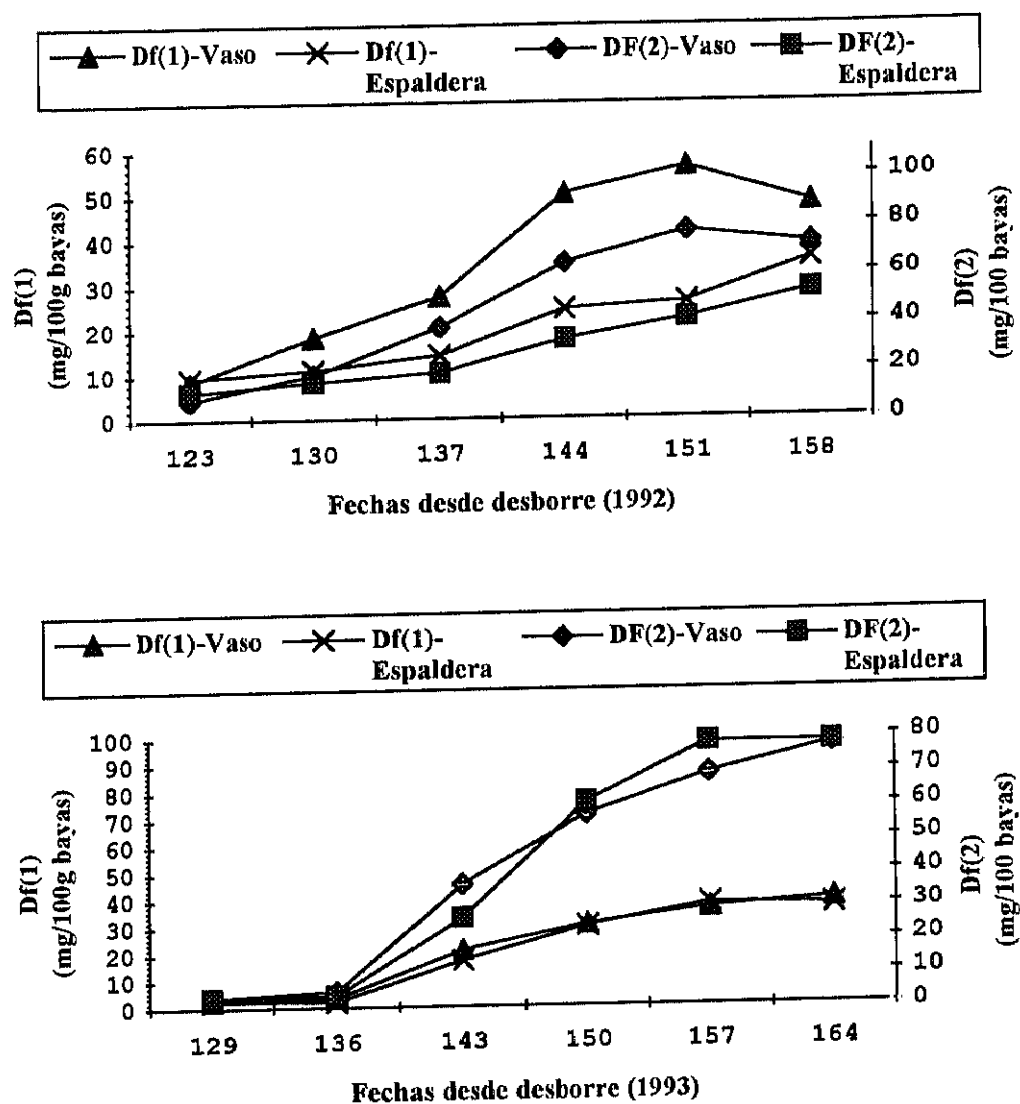
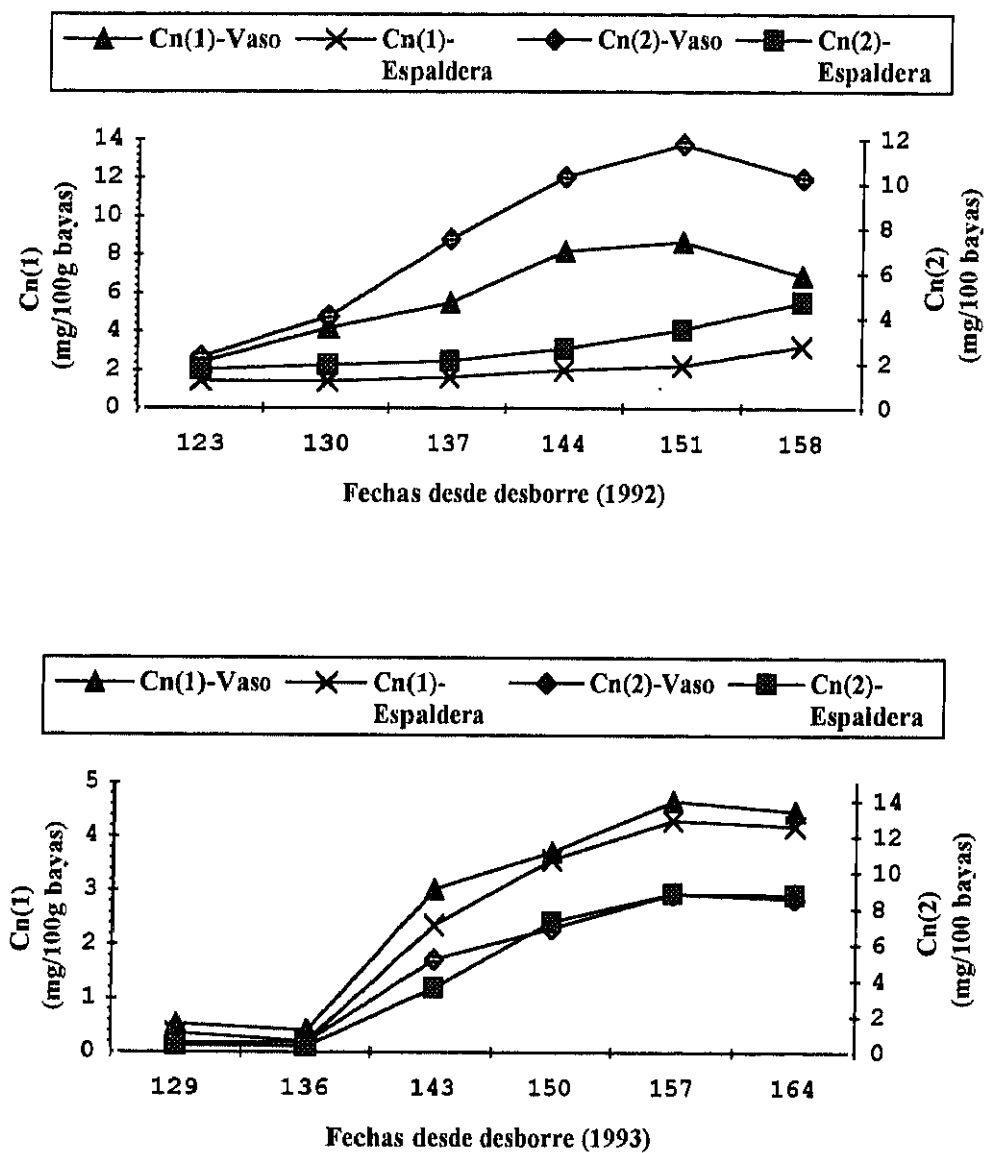


Gráfico 97.- Evolución de la cianidina en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



diferencias en la cianidina confirman su evolución ya que únicamente aparecen entre la fecha de la vendimia y todas las fechas de la maduración.

Los valores en el vaso son para los dos antocianos y en todo momento superiores a los de espaldera con grandes diferencias, acercándose a medida que se aproximan a la vendimia. En el estudio por el análisis de varianza entre los dos tratamientos, se comprueba que en el caso de la delfinidina aparecen diferencias en todas las fechas excepto en la primera, y en la cianidina en todas las fechas (Tablas 127).

B) Estudio de la delfinidina y cianidina en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento en vaso la evolución de la delfinidina y cianidina se caracteriza por una inicial estabilización, seguida inmediatamente de un incremento muy rápido de los valores y con una pendiente muy acusada, si bien el aumento continuado tiene hasta el momento final de la maduración una pendiente menor, produciéndose únicamente en el caso de la cianidina una ligera disminución hasta llegar a vendimia a cifras de 39,3 y 4,5 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica en la delfinidina diferencias entre las fechas 136, 143 y 150 de la maduración, si bien en la cianidina se observan diferencias entre las dos primeras fechas respecto al resto.

En el tratamiento en espaldera el proceso seguido es exactamente el mismo al del vaso, tanto para la delfinidina como para la cianidina, terminando en valores de 37,0 y 4,2 mg/100g de bayas respectivamente. El test de Duncan señala diferencias para la delfinidina entre las dos primeras fechas con las tres siguientes, y para la cianidina también entre las dos primeras fechas con las dos siguientes de la maduración.

Los valores en el vaso son mayores a los de espaldera tanto para la delfinidina como para la cianidina, excepto que en este último caso sólo existe una fecha en la que se invierte el proceso (144), siendo los niveles de ambos pigmentos muy próximos entre los dos tratamientos durante todo el proceso. Al aplicar el análisis de varianza se comprueba que tanto para la delfinidina como para la cianidina no existe ninguna fecha con diferencias entre los dos tratamientos (Tablas 127).

Estos dos antocianos denominados "primitivos" van a aumentar su concentración, al igual que toda la materia colorante, a lo largo de la maduración, si bien se comprueba que el perfil de las curvas es diferente en función del año de estudio, por lo que las condiciones estacionales se consideran un factor importante en la cantidad final de este tipo de compuestos en el hollejo.

En relación a la evolución de la cantidad de estos antocianos que han sido sintetizados (mg/100 bayas), se observa que tanto en la delfinidina como en la cianidina, el incremento es continuo hasta la fecha de la vendimia aunque existen diferencias en cuanto a la pendiente de crecimiento según el año que se trate; así en 1992 los valores en el vaso son superiores a los de la espaldera, evolucionando en este último tratamiento con pendientes de aumento inferiores a la del vaso, mientras que en 1993 los dos tratamientos siguen modelos similares alcanzando cifras finales muy próximas. Este tipo de evolución se puede comprobar por los niveles de significación que se obtienen al aplicar el análisis de varianza, así se observa que en 1992 existen diferencias significativas entre tratamientos en todas las fechas excepto en las dos primeras (delfinidina) o solo en la primera (cianidina), mientras que en 1993 se manifiestan diferencias entre tratamientos en ninguna fecha para ninguno de esos antocianos.

Al confirmar la evolución de la síntesis de dichos antocianos a lo largo del proceso de maduración, se pueden deducir las curvas de concentración (mg/100g), así en 1992 la superior síntesis en el vaso no queda diluida por el mayor volumen de la baya, mientras que en 1993 los distintos factores que han favorecido la síntesis de los dos antocianos en los dos tipos de tratamientos permiten que las concentraciones se aproximen.

A lo largo del proceso de evolución se observa que en cada una de las fechas las proporciones de estos dos antocianos respecto al total de materia colorante van a variar un poco, pero siempre se mantiene el orden de prioridad respecto a los otros antocianos. Estos dos pigmentos van a disminuir su proporción sólo en las primeras fechas manteniéndose luego el porcentaje, los valores oscilan dentro del siguiente intervalo: 34-23% para la delfinidina y 8-2% para la cianidina, además en el vaso hay mayor cantidad de los dos respecto a la espaldera.

Se aplicó el análisis de varianza para dos factores, tratamiento y fecha (Tabla 134) en los dos años de estudio. En los dos antocianos estudiados ocurre lo mismo, es decir, sólo en 1992 las concentraciones adquiridas son diferentes en función del tratamiento empleado ($p \leq 0,01$) siendo superiores las cifras en el vaso que en la espaldera. Además sólo en 1992 los valores son diferentes por la interacción de los dos factores.

2.1.2.6.- Evolución de la petunidina.

La petunidina en los dos tratamientos durante los dos años tiene una tendencia ascendente (Tabla 88, Gráfico 98).

A) Estudio de la petunidina en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso se observa un crecimiento continuo hasta la fecha 151 de la maduración, si bien durante las tres primeras fechas la pendiente de aumento es menor que la segunda, todo esto va seguido de una estabilización y una disminución final, alcanzando en la vendimia valores de 33,8 mg/100g de bayas. El test de Duncan señala diferencias entre las cuatro primeras fechas del proceso y una igualdad entre las tres últimas.

En el tratamiento en espaldera el proceso seguido es el mismo que anteriormente si bien las pendientes están más suavizadas que en el tratamiento anterior, pero después de la estabilización de los valores se produce un crecimiento hasta la vendimia llegando a 26,4 mg/100g de bayas. El test de Duncan confirma este proceso al producirse diferencias entre las tres primeras fechas con las dos siguientes y la de la vendimia.

Al comparar tratamientos se comprueba que los valores en el vaso son mayores en todo el proceso a los de espaldera, y al estudiar las diferencias significativas entre tratamientos se puede ver que existen diferencias en las tres fechas intermedias del proceso de la maduración (Tabla 128).

B) Estudio de la petunidina en el hollejo de uva en 1993.

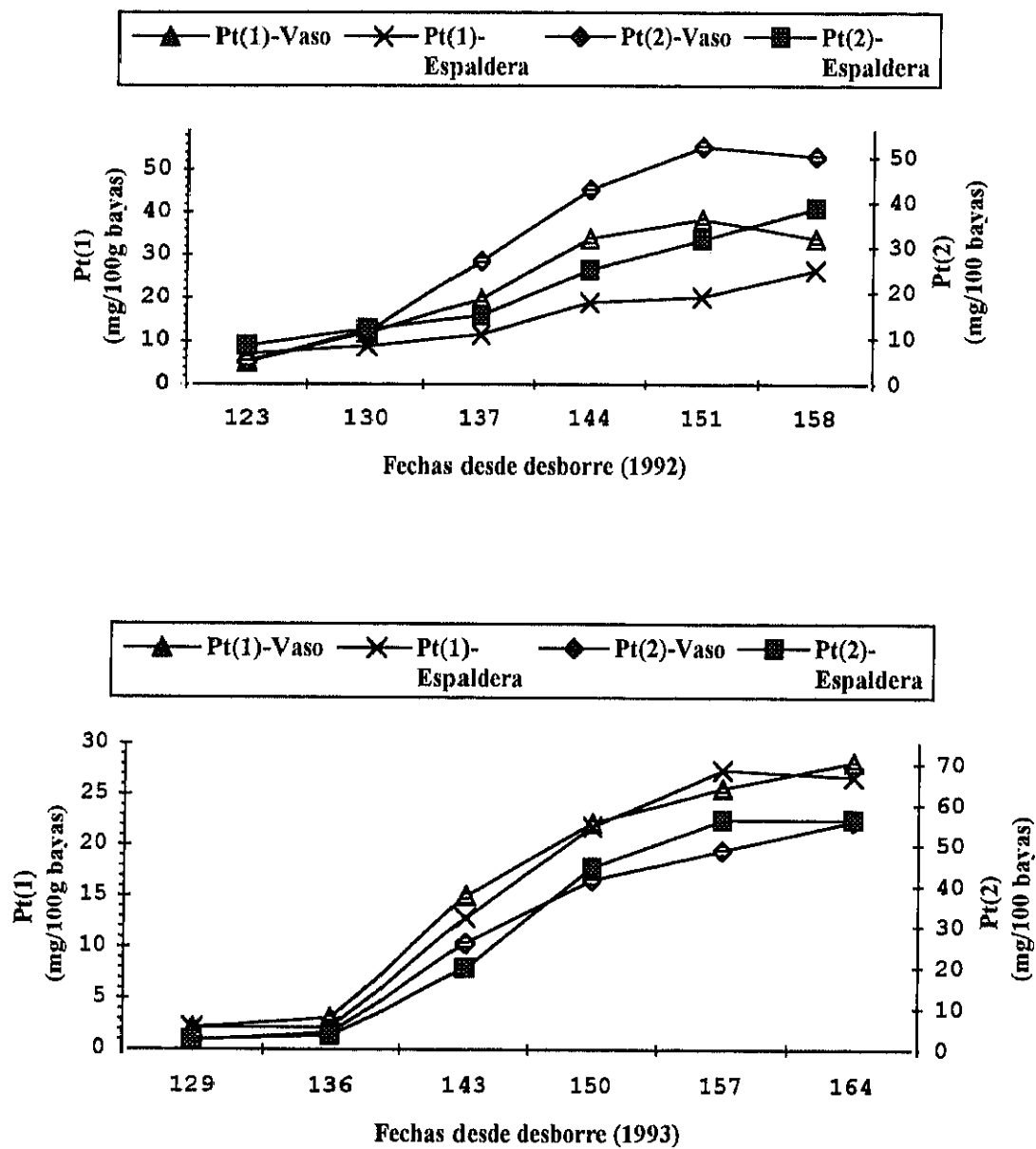
En el tratamiento en vaso la evolución se inicia con una estabilización de las concentraciones seguido de un aumento hasta el final de la maduración aunque el ritmo de crecimiento va disminuyendo a medida que nos acercamos a la vendimia, alcanzando al final 28,2 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica la existencia de diferencias entre las cuatro fechas que siguen a la 129.

En el tratamiento en espaldera el comportamiento seguido es el mismo salvo que desde la fecha anterior a la vendimia se inicia una disminución de los valores terminando en 26,7 mg/100g de bayas. El test de Duncan señala las mismas diferencias que en el tratamiento anterior.

Al comparar los tratamientos se observa que los valores son muy parecidos, confirmando por el análisis de varianza que no existen diferencias entre el vaso y la espaldera en ninguna fecha (Tabla 128).

La evolución de la petunidina (mg/100g) en toda la maduración va a aumentar hasta vendimia, siendo las concentraciones de ambos tratamientos muy semejantes. En el estudio de la cantidad de petunidina (mg/100 bayas) en los hollejos a lo largo de las distintas fechas de

Gráfico 98.- Evolución de la petunidina en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



muestreo, se observa que en los dos años y en los dos tipos de tratamientos va a aumentar hasta el final de la maduración. Cualitativamente las curvas son diferentes en función del año que se trate, por tanto además de las condiciones impuestas por el tipo de sistema de conducción influyen las condiciones climatológicas del año. Cuantitativamente se observa que en 1992 los valores en el vaso son superiores a los de la espaldera, mientras que en 1993 las cifras en ambos tratamientos están muy próximas, estadísticamente se comprueba por el análisis de varianza que en 1992 existen diferencias en todas las fechas a partir de la 122 mientras que en 1993 no existe ninguna fecha con diferencias significativas.

En el análisis multifactorial, de tratamiento y fecha (Tabla 134), se ve que sólo en 1992 las concentraciones son diferentes en función del tratamiento aplicado, siendo superiores los valores en el vaso con un nivel de significación del 0,01, y además también lo son por la interacción de los dos factores.

2.1.2.7.- Evolución de la peonidina y malvidina.

La peonidina y la malvidina en los dos tratamientos y durante los dos años tienen una tendencia ascendente (Tablas 89 y 90, Gráficos 99 y 100).

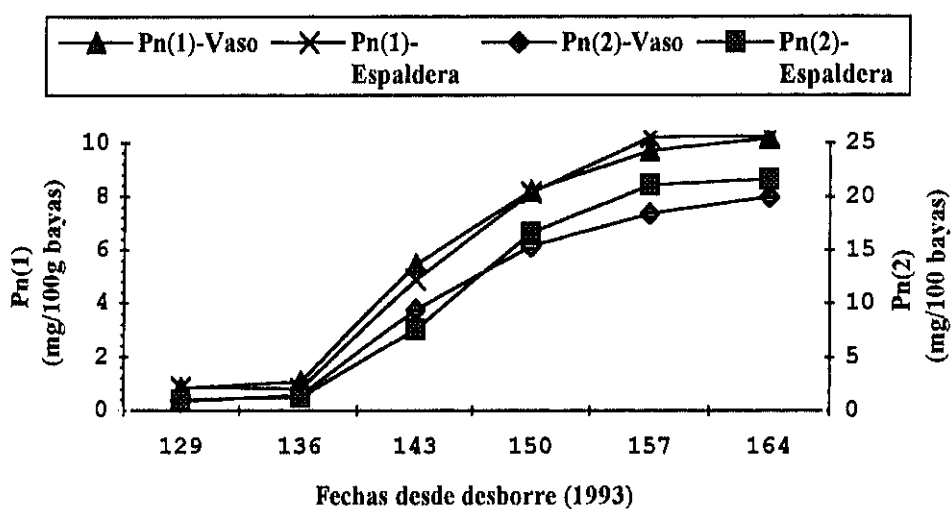
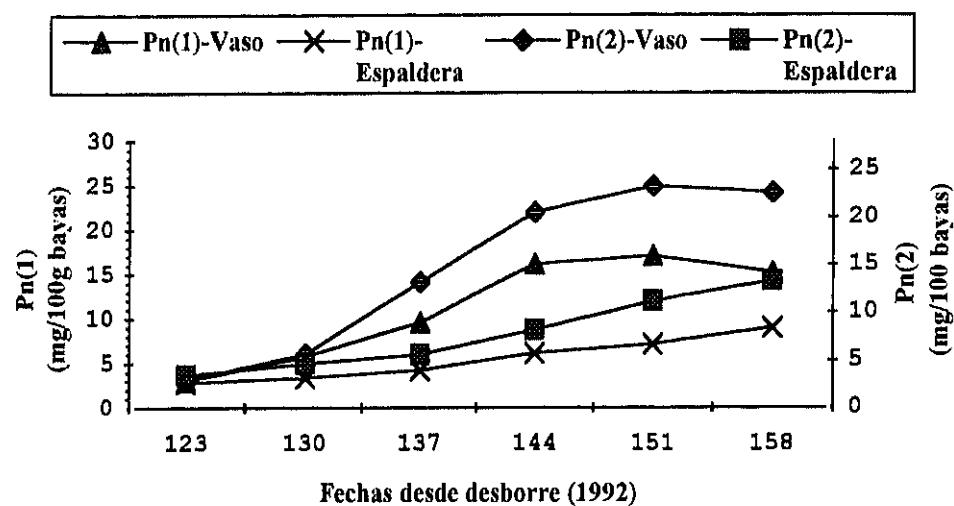
A) Estudio de la peonidina y malvidina en el hollejo de uva en 1992.

En el tratamiento en vaso tanto la peonidina como la malvidina inician la evolución con un crecimiento en las tres primeras fechas de maduración aumentando este ritmo a continuación hasta unos siete días antes de la vendimia en que existe un ligero descenso hasta alcanzar 15,2 y 96,0 mg/100g de bayas respectivamente. El test de Duncan muestra diferencias en el caso de la peonidina entre las tres primeras fechas con las tres últimas, mientras que en la malvidina aparecen diferencias entre todas las fechas de maduración hasta la vendimia.

En el tratamiento en espaldera se observa que los valores de la peonidina y la malvidina van a ir aumentando a lo largo de la maduración con un ritmo de crecimiento moderado, si bien en el caso de la peonidina es mucho menor en relación a la malvidina, llegando al final a cifras de 9,0 y 85,5 mg/100g de bayas. El test de Duncan indica para los dos antocianos diferencias entre las tres primeras fechas con las dos siguientes y la fecha de la vendimia.

Los valores en el vaso son superiores en todo el proceso a los de espaldera y en el curso de la maduración se van aproximando. En el estudio de las variaciones entre tratamientos por el análisis de varianza se observa que en la peonidina aparecen diferencias significativas en todas

Gráfico 99.- Evolución de la peonidina en el hollejo de las bayas de la variedad Tempranillo, sometidas a distintos sistemas de conducción.



las fechas excepto en la primera, mientras que en el caso de la malvidina aparecen diferencias en dos de las fechas intermedias de la maduración (Tabla 128).

Con estos datos se observa que la malvidina es el antociano más abundante en los hollejos de las bayas de esta variedad.

B) Estudio de la peonidina y malvidina en el hollejo de uva en 1993.

En el tratamiento en vaso se observa tanto en la peonidina como en la malvidina una estabilización en las dos primeras fechas seguido de un aumento rápido y continuo hasta la vendimia para llegar al final a 10,2 y 87,4 mg/100g de bayas respectivamente. El test de Duncan expresa diferencias para la peonidina entre las dos primeras fechas con las cuatro últimas existiendo entre éstas una igualdad de medias, mientras que para la malvidina las diferencias aparecen entre las cuatro fechas del proceso de maduración que siguen a la fecha 136.

En el tratamiento en la espaldera comportamiento seguido es exactamente el mismo que en el vaso, si bien existe una ligera disminución desde la fecha anterior a la vendimia llegando a valores de 10,3 y 86,9 mg/100g de bayas para la peonidina y malvidina respectivamente. Los valores están muy próximos, de manera semejante a lo que ha ocurrido en el resto de los antocianos estudiados en este año. El test de Duncan muestra diferencias entre tres grupos de fechas. El test de Duncan indica las mismas diferencias para los dos antocianos, es decir, diferencias entre todas las fechas a partir de la segunda fecha de maduración.

Los valores de ambos tratamientos son muy semejantes siendo al principio superiores los del vaso pero la espaldera los supera a partir de la tercera fecha, este proceso se puede comprobar por el análisis de varianza que comprueba que no existen diferencias en ninguna fecha entre los dos tratamientos (Tabla 128).

Tanto la peonidina como la malvidina (mg/100g) aumentan desde el envero hasta el final de la maduración, observando que en todas las fechas y en los dos tratamientos el antociano predominante es la malvidina seguido de la delfinidina, petunidina, peonidina y finalmente la cianidina.

La evolución de la peonidina y malvidina (mg/100 bayas) en los dos tipos de tratamientos se caracteriza al igual que en el resto de los años, porque cualitativamente y cuantitativamente son diferentes según el año, así en 1992 los valores en el vaso son superiores claramente a los de espaldera mientras que en 1993 la evolución es paralela y las cifras están muy próximas. Al

aplicar el análisis de varianza a estos valores se comprueba que en 1993 no hay diferencias en ninguna fecha entre tratamientos para los dos antocianos y en 1992 existen diferencias, en todas las fechas a partir de la segunda (peonidina) y lo mismo ocurre en la malvidina excepto en la fecha de la vendimia en la que no existen variaciones.

Los distintos resultados obtenidos a lo largo de las fechas es debido al distinto momento de iniciarse la maduración, que a su vez depende de la variedad, de las condiciones de cultivo, así como de las condiciones atmosféricas. Así Ribéreau-Gayon (1959) estudia cómo influye la climatología en las diferentes evoluciones de los antocianos para un mismo viñedo en función del año, pero si la cantidad de materia colorante es muy variable no lo es la distribución de los distintos antocianos.

En el análisis multifactorial, de tratamiento y fecha (Tabla 134) en de los dos años, se observa que el comportamiento de estos dos antocianos es el mismo, es decir, sólo en 1992 existen diferencias en las concentraciones adquiridas en función del tratamiento empleado, siendo el vaso superior a la espaldera con un nivel de significación del 0,01 y sólo en 1992 existen diferencias en los valores debido a la interacción de ambos factores.

2.2.- ESTUDIO DE LOS DISTINTOS COMPONENTES EN EL HOLLEJO CUANDO EL MOSTO ALCANZA 20 °BRIX Y EN LA FECHA DE LA VENDIMIA.

2.2.1.- COMPARACION DE LAS DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS: REGADIO Y SECANO

2.2.1.1.- Compuestos Fenólicos.

El estudio de los valores alcanzados por estas sustancias responsables del color y que están presentes en el hollejo de las uvas tintas, cuando el mosto alcanza los 20°Brix se representa en las Tablas 45 y 129.

Se observa que las densidades ópticas a 520 nm son superiores en el regadío en 1992 siendo inferiores en 1993, si bien en ningún año existen diferencias significativas entre estos tratamientos. En el caso de las absorbancias a 420 nm en los dos años son superiores en el secano, siendo los valores mayores en 1993, si bien no existen diferencias en ningún año. La intensidad y tonalidad colorante obtenidas, a partir de los datos anteriores, son dos parámetros

fundamentales para definir el color de los mostos o vinos, en nuestro caso se observa, que durante los dos años, ambas determinaciones adquieren valores superiores en el secano que en el regadío y con cifras mayores en 1993, aunque en ningún año existen diferencias significativas para ninguna de esas variables.

Los valores de las absorbancias a 280 nm, y los polifenoles, antocianos y taninos totales, son mayores en el secano que en el regadío. Los polifenoles totales consiguen cifras más diferentes en 1992, aunque en ningún año existen diferencias entre tratamientos, mientras que la diferencia en los valores de las absorbancias a 280 nm en los dos años entre los dos tratamientos es la misma pero no existen diferencias significativas. Los antocianos totales alcanzan mayores diferencias en 1993, si bien en los dos años existen diferencias entre tratamientos. Finalmente, los taninos totales alcanzan valores con diferencias mayores en 1992, y es únicamente en ese año cuando resultan ser estadísticamente significativas.

Smart (1980) observa que los sistemas de conducción más abiertos favorecen una mayor aireación de los racimos y una mayores oscilaciones de temperaturas (más calor por el día y más frío por la noche) que los canopys más densos, si bien dentro de este tipo de tratamiento es importante la cantidad de hojas y frutos que realmente son exteriores. Los sistemas de conducción influyen en la calidad del mosto a través de las modificaciones en el microclima sobre la cepa, siendo más adecuados los sistemas más abiertos por el menor sombreado causado.

En el análisis factorial, de tratamiento y año (Tabla 136), se ve que las absorbancias a 520 nm, 420 nm, y la intensidad colorante son diferentes únicamente por la acción del año, es decir, estos parámetros han sido afectados por las características estacionales de cada año; además en ninguno de esos parámetros la interacción de los dos factores ha sido significativa. La tonalidad sí se ha modificado en función del tratamiento, siendo superior en el caso del secano ($p \leq 0,05$), si bien los valores no han variado en función del año, ni por la interacción de tratamiento y año. Este mismo tipo de análisis aplicado al resto de las variables resuelve que los valores de los polifenoles, antocianos y taninos totales son diferentes en función del tipo de tratamiento empleado, siendo en los tres casos superiores en el secano con unos niveles de significación del 0,05 para el primer caso y de 0,01 para los dos últimos. Sólo en el caso de los taninos totales los datos han sido diferentes en función del año y de la interacción de los dos factores, mientras que en las otras dos determinaciones no se encuentran diferencias ni en el año ni por la interacción. Respecto a las absorbancias a 280 nm no se aprecian diferencias entre

tratamientos, aunque los valores son diferentes en función del año, pero no debido a la interacción de los dos.

Crippen y Morrison (1986) en uva vendimiada a 19 °Brix, observaron que las bayas con una exposición mayor a la luz solar tenían menor concentración de antocianos, lo cual lo atribuyeron al mayor tamaño de las bayas en este tipo de tratamiento, si bien otros autores (Kliewer, 1977; Pirie y Mullins, 1980) han considerado que esa disminución se debe a una mayor exposición de la luz que provoca un mayor calentamiento de las bayas, lo cual está correlacionado con un menor contenido de antocianos, y un descenso en la relación de los antocianos con los polifenoles totales.

Al estudiar de forma individualizada los valores adquiridos por los cinco antocianos, se observa que en todos ellos las cifras en el secano son mayores a las del regadío, excepto la cianidina que sólo es superior en 1992. En el caso de la delfinidina las diferencias son mayores en 1992 y sólo en este año se considera que existen diferencias entre los tratamientos, la cianidina adquiere valores en los dos años con diferencias significativas, para la petunidina las diferencias son mayores en 1992 si bien en los dos años existen diferencias, en la peonidina no existen en ningún año diferencias entre tratamientos, finalmente en el caso de la malvidina las diferencias son mayores en 1993 siendo en este año cuando existen diferencias.

En el análisis multifactorial, tratamiento y año (Tabla 136), se observa que los valores para todos los antocianos, excepto para la cianidina, son diferentes en función del tratamiento elegido, siendo en todos los casos superiores los valores en el secano. Sin embargo los cinco antocianos alcanzan valores que no son diferentes en función del año, y además tampoco son diferentes por la interacción de los dos factores, salvo en el caso de la cianidina.

Todos los componentes en el secano alcanzan en este momento mayores concentraciones que en el regadío de modo que si se realizase la vendimia en este momento las concentraciones de materia colorante serían superiores en los tratamientos con déficit hídrico.

En el momento de la vendimia (Tablas 46 y 130) las densidades ópticas a 520 nm son mayores en el regadío, existiendo diferencias significativas sólo en 1993; sin embargo las absorbancias a 420 nm son prácticamente iguales, comprobándose que no hay diferencias entre tratamientos. La intensidad colorante consigue cifras que son superiores en el regadío, existiendo únicamente diferencias en 1993; mientras que la tonalidad colorante tiene valores mayores en el secano, si bien las variaciones entre los dos tratamientos sólo son significativas en 1993.

En el caso de los polifenoles y taninos totales los valores en el secano son mayores a los del regadío y además son mayores las diferencias en 1992, si bien en el primer caso en ningún año existen diferencias entre los dos tratamientos, mientras que en los taninos totales aparecen diferencias en 1992. En los antocianos totales se consiguen valores en 1992 que son más altos en el secano, mientras que en 1993 lo son en el regadío, aunque los datos están muy próximos en los dos años y se considera que no existen diferencias. Las absorbancias a 280 nm son mayores en el tratamiento de regadío frente a las de secano y aunque las diferencias son mayores en 1993 en los dos años se considera que hay diferencias entre tratamientos.

En el análisis multifactorial, tratamiento y año (Tabla 138), se ve que las absorbancias a 520 nm son significativamente diferentes siendo superiores los valores en el regadío con un nivel de significación del 0,01, mientras que a 420 nm no se aprecian diferencias entre tratamientos. Esas dos variables adquieren valores distintos en función del año que se trate, aunque no influyen en esos datos la interacción de los dos factores, la evolución en los dos tratamientos es paralela. La intensidad y la tonalidad colorante son diferentes en función del tipo de tratamiento escogido, siendo superior en el regadío ($p \leq 0,05$) para la intensidad, y para el secano ($p \leq 0,05$) en el caso de la tonalidad, los dos son distintos en función del año pero no por la interacción de los dos factores. El hecho de que la intensidad colorante sea superior en el regadío demuestra que este tipo de tratamiento no es perjudicial para la obtención de mostos con adecuada coloración. Es importante considerar que toda la materia colorante se encuentra en el hollejo y éste no supera el 20% del peso total de las bayas, por lo que en la maceración esas concentraciones disminuirán en función del tamaño final de la baya; todo lo que provoque un aumento del tamaño de las bayas diluirá la intensidad del color, si bien es necesario tener en cuenta que no vaya acompañado de un aumento simultáneo en la acumulación de los pigmentos.

Respecto a los valores de la intensidad y tonalidad colorante nos dan idea del color de los extractos, así la tonalidad nos indica la relación entre los componentes amarillos (420 nm) y los rojos (520 nm) y la intensidad la suma de los dos. Glories (1986) indica que valores de tonalidad entre 0,3 y 0,5 son característicos de vinos jóvenes ya que predominan los pigmentos antociánicos individualizados respecto a los polímeros, mientras que en los envejecidos predominan valores cercanos a 1,4 que indican un predominio de los colores teja.

Estos valores son extrapolables a extractos alcohólicos como los obtenidos en este trabajo, en los que los valores de tonalidad en los dos años y en los dos tipos de tratamientos oscilan entre 0,39 y 0,47; si bien los valores de esta relación en el secano son superiores a los del

regadío pero no porque las absorbancias a 420 nm sean mayores (no se observan diferencias significativas) sino porque las absorbancias a 520 nm en el regadío son superiores, es decir, en el regadío las tonalidades rojas son significativamente mayores.

Es importante el valor del pH del mosto ya que en función de éste se forzará el desplazamiento del equilibrio de la estructura de las moléculas de antocianos de esa solución, en el sentido de la mayor o menor estabilidad, y por tanto se obtendrá una diferente intensidad colorante en los mostos. En nuestro caso el tratamiento de regadío tiene menores valores de pH, y por tanto a igualdad en la cantidad de antocianos, la intensidad será superior que el secano. Morris y col. (1983) observaron la influencia de un exceso de pH en el mosto sobre la tonalidad, comprobando que los tonos son más azulados y menos deseables. Estos cambios en el color debido a un exceso de potasio (pH superiores) no tienen influencia, o muy escasa, en el contenido total de antocianos presentes en el mosto, lo cual se demostró al analizar la muestra previa acidificación y lectura a 520 nm.

Los polifenoles totales, la absorbancia a 280 nm y los taninos totales van a ser diferentes en función del tratamiento siendo superiores los valores en el secano para los polifenoles ($p \leq 0,05$) y los taninos ($p \leq 0,01$) mientras que la absorbancia a 280 nm es mayor en el regadío ($p \leq 0,05$). Sin embargo, la influencia del año sólo se refleja en los valores de esta absorbancia y de los taninos totales. Los valores finales adquiridos por los antocianos totales no varían en función del tratamiento ni del año, así como tampoco por la interacción de los dos. De todos los parámetros sólo los taninos totales alcanzan valores en este momento que son distintos en función de la interacción de los dos factores. Los polifenoles totales son los compuestos que se encuentran en mayor proporción respecto al resto de las familias fenólicas estudiadas

Ribèreau-Gayon y Glories (1986) observan que las condiciones de maduración tienen una influencia decisiva en la concentración de antocianos y taninos. Así, dependiendo de las condiciones climatológicas, la concentración de compuestos polifenólicos puede aumentar al doble de un año a otro, y esta variación es mucho mayor a la que se produce en los niveles de azúcar (10%) y acidez (30-40%) del mosto, manteniendo siempre constantes las condiciones de cultivo. Las condiciones de cultivo de las cepas también pueden influir en el contenido de los compuestos fenólicos, así como cualquier técnica que aumente la producción con la consiguiente dilución del color y de la concentración de taninos.

Somers (1968) observa cómo en las bayas procedentes de cepas regadas de zonas semiáridas de Australia, y por tanto con una elevada producción, el contenido total de antocianos

es menor que los viñedos con una producción de cosecha inferior. Pirie y Mullins (1977) obtuvieron resultados similares en el contenido de antocianos y polifenoles totales en los hollejos de las bayas procedentes de cepas con diferente producción; posteriormente estos autores asociaron este efecto a la distinta producción de azúcares a los que consideraban como pieza fundamental en la síntesis de los compuestos polifenólicos.

En el estudio de los cinco antocianos de forma individualizada se observa que los valores de todos ellos son mayores en el tratamiento de regadío frente al de secano durante los dos años, además las diferencias entre tratamientos son mayores en 1993 para todos y es precisamente en este año cuando existen diferencias significativas, excepto para el caso de la malvidina que se caracteriza porque en los dos años no aparecen diferencias entre tratamientos. En el momento de la vendimia las diferencias favorecen al regadío; luego con este tratamiento se consiguen las mayores producciones de cosecha con la misma cantidad de materia colorante.

Se ha observado por los datos analíticos que la suma de los cinco antocianos en el momento de la vendimia varía de un año a otro y según el tratamiento que se trate, pero el porcentaje en el que se encuentra cada uno de ellos respecto al total es prácticamente el mismo, siendo la malvidina el que se encuentra siempre en mayor proporción seguido de la delfinidina, petunidina, peonidina y cianidina en último lugar, esto es una característica de la variedad elegida. La cantidad de antocianos en las uvas maduras es muy variable, y depende de la variedad y de las condiciones ambientales; en nuestro caso el total de antocianos oscila entre 137,7-165,1 mg/g de bayas, según el año y el tratamiento.

La calidad del color final de un mosto, y posteriormente de un vino tinto, depende tanto de la cantidad de antocianos presentes como del tipo que se trate, ya que nos interesa que exista una mayor proporción de los más estables para que den un color más oscuro y duradero a esos productos.

Ribéreau-Gayon (1964) mostró que aunque el contenido de antocianos de las bayas de *Vitis vinifera* variase de un año a otro, la relación de antocianos totales de las uvas permanece relativamente constante.

Bourzeix y col. (1977) encuentran distintas cantidades de antocianos en las uvas tintas según la variedad, así la Cabernet Sauvignon tiene 1700 mg/Kg, o 5200 mg/Kg la Alicante Bouschet, o 800 mg/Kg la Aramon.

Scienza y col. (1981) estudia cómo las condiciones de cultivo pueden alterar el contenido antociánico, y algunos factores naturales, tales como la cantidad de potasio que puede ser asimilada por las raíces.

En el análisis multifactorial, tratamiento y año (Tabla 138), se ve que los valores de la cianidina y la peonidina son diferentes según el tratamiento empleado, siendo en ambos casos mayor en el regadío con niveles de significación del 0,01 y 0,05 respectivamente, mientras que los otros tres antocianos no varían en función del tratamiento. Todos los antocianos estudiados alcanzan valores en vendimia que no son distintos en función del año que se trate, y además la interacción de los dos factores no es significativa, a excepción de la cianidina.

En el tratamiento de regadío el volumen por baya es mayor por lo que en los procesos de extracción de los compuestos responsables del color, las concentraciones serían menores que en el caso del tratamiento de secano. En nuestro caso, en vendimia no se han encontrado diferencias significativas entre tratamientos, es decir el regadío ha favorecido una mayor acumulación: únicamente dos de los antocianos sí presentan diferencias en favor del regadío, si bien éstos son los que se encuentran en cantidades minoritarias. La mayor producción del regadío no ha diluido tampoco el contenido antociánico.

El hecho de que exista una mayor concentración de antocianos en el regadío respecto al secano se debe a las condiciones microclimáticas creadas por este tratamiento, fundamentalmente el mayor crecimiento vegetativo en el regadío respecto al secano, es el que condiciona otros parámetros como son la luminosidad y las temperaturas a las que están expuestos los racimos, en ese sentido se produce un efecto de sombreado que puede producir una menor iluminación e inferiores temperaturas de los racimos, así como menores oscilaciones de las mismas. La mayor área foliar permite una mayor fotosíntesis que proporciona una mayor cantidad de azúcares, siendo este tipo de compuestos muy importantes. Algunos autores () no consideran que los azúcares sean la causa de una mayor proporción de estos compuestos, sino un factor limitante para el inicio de la biosíntesis de los fenilpropanoides.

La iluminación también favorece la biosíntesis tanto de los azúcares como de los compuestos fenólicos, ya que una mejor radiación favorece la actividad de la PAL que es un enzima clave en este proceso de biosíntesis. Marquis y Iland (1989) observan que el aumento del color en los racimos se ve potenciado por una mejora en las condiciones de luminosidad de los mismos, y estudian una posible correlación positiva entre los parámetros del color y un índice de exposición de las bayas, así cuanto mayores sean las condiciones de luminosidad más se mejor:

la producción del color a través de reacciones mediadas por los fitocromos. Estos autores comprobaron que tanto la iluminación en las bayas como en las hojas favorece la biosíntesis de los compuestos antociánicos, además es importante la intensidad de la radiación a la misma temperatura en relación a la coloración adquirida por las bayas. Wicks y col. (1982) estudiaron cómo los distintos antocianos tienen distinta sensibilidad o dependencia de la luz para que se realice su biosíntesis.

La radiación solar ha sido considerada como un factor crítico para el desarrollo del color en la baya de numerosos cultivares (Kliewer, 1970; Crippen y Morrison, 1986; Roubelakis-Angelakis y Kliewer, 1986). El sombreado de los racimos se ha mostrado que reduce el contenido total de antocianos en variedades tintas (Crippen y Morrison, 1986; Rojas-Lara y Morrison, 1989; Gao y Cahoon, 1991-1992). Todo ello va a afectar también a la temperatura, así Buttrose y col. (1971) trabajando con bayas de Cabernet Sauvignon observaron que la pigmentación se mejoraba cuando las temperaturas se encontraban más próximas a los 20 °C que a los 30 °C.

Se demuestra que temperaturas medias altas (Singleton, 1969) o temperaturas diurnas elevadas (Kliewer, 1970) hacen que la biosíntesis de compuestos fenólicos, especialmente antocianos, se vea ralentizada o inhibida. Kliewer y Torres (1972) observaron que las bayas que maduraban a temperaturas nocturnas (7 pm a 7 am) frías, entre 15 y 20°C, tenían mucha mayor coloración que las que se mantenían a temperaturas nocturnas más cálidas (25-30 °C), y que un descenso en las temperaturas diurnas acompañado de una buena iluminación mejoraba la coloración en un 40%. Weaver y McCune (1960) encontraron que los racimos sombreados artificialmente y los expuestos tenían unas diferencias de temperaturas de 1,1 °C, y que los primeros se calentaban y enfriaban más lentamente respecto a los segundos, observando que cuando el sombreado de los racimos alcanza un 95% de los mismos, las bayas eran menos rojas y más amarillas en comparación con los expuestos totalmente. Estos autores observan que no existen diferencias significativas en el contenido total de antocianos así como en los cinco antocianos monoglucosilados entre los racimos expuestos y los que están sombreados en un 50%, pero sí aparecen cuando existe un 95% de sombreados. Este mismo hecho fue confirmado por Kliewer (1977) trabajando con bayas Emperor de modo que el contenido antociánico de las bayas disminuyó sólo cuando el sombreado de los racimos era de un 85% y no aparecían diferencias significativas cuando era menor de un 46% frente a los totalmente expuestos. De estos estudios se puede deducir cómo realizar la poda, cómo elegir un sistema de conducción, o si realizar la

eliminación selectiva de las hojas alrededor de los racimos para así mejorar la exposición a la luz solar, y por tanto la coloración de las bayas con las que se trabaja.

Hunter y col. (1991) estudiaron cómo la parcial defoliación en el envero mejoraba el contenido antociánico en las bayas de Cabernet Sauvignon, es decir, al mejorar la luminosidad se obtiene una buena coloración roja en comparación con la parcial defoliación realizada en el desborre, con la aparición de las bayas o cuando éstas tienen un tamaño de guisante.

Seguin (1970) observa mayor concentración de compuestos fenólicos en las bayas procedentes de cepas cultivadas en suelos con un cierto déficit de agua durante el periodo de la maduración. En nuestro caso hay una menor concentración de los polifenoles totales en el tratamiento de regadío.

El valor de los taninos es inferior en el caso del regadío, hecho que coincide con () que afirma que cualquier técnica de cultivo que suponga un incremento de la producción disminuye el valor del color y de los taninos.

Comparando los resultados a 20 °Brix con los de la vendimia se observa que se han modificado las concentraciones de los antocianos, de modo que en el tiempo que se deja transcurrir hasta la vendimia la concentración de los antocianos en el regadío supera a la del secano, existiendo sólo en dos de ellos diferencias significativas, por tanto se ha compensado el efecto de dilución con una mayor síntesis de estos compuestos en el regadío. Las absorbancias a 520 nm y la intensidad colorante se modifican durante este periodo de tiempo de modo que se pasa de no encontrar diferencias significativas a alcanzar en vendimia valores superiores en el regadío; la absorbancia a 420 nm y la tonalidad se mantienen igual en 20 °Brix que en vendimia. Respecto a los polifenoles y taninos totales no se observan diferencias en esas dos fechas, mientras que en el caso de las absorbancias a 280 nm se produce un aumento de las diferencias en ese tiempo en favor del regadío y en los antocianos se pasa de valores mayores en el secano a cifras que no son diferentes significativamente, es decir, ha aumentado la cantidad de antocianos en el regadío y se ha compensado el efecto de dilución si bien no ha sido tan grande ese crecimiento como para superar al secano significativamente.

2.2.2.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCION: VASO Y ESPALDERA.

2.2.2.1.- Compuestos Fenólicos.

Los cálculos de los datos de las distintas variables relacionadas con este tipo de compuestos analizadas en los hollejos cuando el mosto llega a 20°Brix se encuentran en las Tablas 91 y 129.

Se comprueba que las DO-520 y DO-420 en los dos años son prácticamente idénticas, no existiendo diferencias en ningún año entre tratamientos, por tanto los valores obtenidos a partir de esas absorbancias, intensidad y tonalidad colorante, no son diferentes en ningún año según el tratamiento empleado, siendo los valores en el vaso ligeramente superiores para la intensidad mientras que en la tonalidad eso sólo ocurre en 1992. Los polifenoles totales en 1992 van a ser mayores en la espaldera que en el vaso y en 1993 ocurre al revés, aunque en los dos años no existen diferencias entre los valores, mientras que en el caso de la absorbancia a 280 nm alcanza cifras muy similares aunque son mayores en los dos años en el vaso, si bien en ninguno de los años existen diferencias entre tratamientos. Los antocianos y taninos totales, se caracterizan porque alcanzan en los dos años valores en el vaso superiores a los de la espaldera y en ningún año aparecen diferencias significativas.

El sistema de conducción aplicado no influye significativamente en las cantidades finales de los compuestos fenólicos, si bien el hecho de que los valores en el vaso sean superiores se debe a las propias características creadas por la disposición de su superficie foliar y de sus racimos. En el vaso los racimos están bien iluminados aunque más sombreados que en la espaldera por lo que las temperaturas a las que están sometidas las bayas no son muy elevadas y además los intervalos de temperaturas entre el día y la noche no son muy amplios, todo esto favorece unas condiciones de luz y temperatura sobre ellos que aumentan la síntesis de estos compuestos. Por otra parte al estar las hojas bien iluminadas aportan mayor proporción de azúcares en el vaso que en la espaldera, favoreciendo el aporte de un posible precursor en su síntesis. Todo ello no supone condiciones suficientemente estrictas como para que se aprecien diferencias cuantitativas en relación a los valores aportados con la estructura de la espaldera.

En el análisis de varianza de dos factores, tratamiento y año (Tabla 136), se indica que los valores de las DO-520 y DO-420 así como la intensidad colorante sólo van a ser afectados por el año, tanto las condiciones climatológicas como todo lo que lleva implícito y que se relaciona con las condiciones microclimáticas creadas por los distintos sistemas de conducción, mientras que la tonalidad no modifica los valores en función de ningunos de estos factores. Los polifenoles totales son diferentes en función del tratamiento, siendo mayores los valores en el vaso ($p \leq 0,05$), además también están influidos por las características del año y no por la interacción de

ambos factores. Las absorbancias a 280 nm sólo van a estar influidas por el año de estudio. Finalmente los valores de los antocianos y taninos totales no son distintos ni por el tratamiento ni por la acción conjunta de esos dos factores, y únicamente los taninos parecen estar influidos por la acción del año.

Al estudiar los valores de los cinco antocianos cuando el mosto llega a 20°Brix se comprueba que en los dos años, todos los antocianos alcanzan cifras mayores en el vaso que en la espaldera, a excepción de la malvidina en 1992. En 1993 no aparecen diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los antocianos estudiados, mientras que en 1992 sí se observan en el caso de la delfinidina, cianidina, y peonidina.

En el análisis multifactorial, tratamiento y año (Tabla 136), se ve que sólo los valores para la delfinidina, cianidina, y peonidina son diferentes en función del tratamiento utilizado, siendo superior en el vaso que en la espaldera, con un nivel de significación en todos ellos de 0,05. Ninguno de esos compuestos son afectados por las condiciones del año y sólo la cianidina y la peonidina alcanzan valores diferentes en función de la interacción de los dos.

En el momento de la vendimia (Tablas 92 y 130) las DO-520 y DO-420 adquieren valores muy próximos entre ellos y cuya superioridad se alterna en función del año, si bien en ningún año existen diferencias significativas entre tratamientos, lo mismo ocurre para los datos obtenidos para la intensidad y tonalidad colorante. Los valores de los polifenoles totales en el vaso son superiores a los de la espaldera en los dos años, aunque en los dos casos no existen diferencias entre tratamientos, en el caso de las absorbancias a 280 nm son muy parecidas entre los dos tratamientos en los dos años pero no aparecen en ninguno de ellos diferencias significativas. Los valores de los taninos totales al final de la maduración en la espaldera son mayores a los del vaso en los dos años, mientras que los antocianos totales se alternan los valores según los años, en cualquiera de esas dos variables los valores no son distintos en función del tratamiento en ninguno de los años.

En el análisis multifactorial, tratamiento y año (Tabla 138), los valores de las DO-520 y DO-420 y la intensidad colorante son distintos únicamente en función del año de que se trate, mientras que la tonalidad no varía sus valores en función de ninguno de esos factores ni por su interacción. Los polifenoles, antocianos y taninos totales se caracterizan porque sus valores no son distintos en función del sistema de conducción empleado, ni por la acción conjunta de los dos factores, siendo sólo los taninos y la absorbancia a 280 nm los que son afectados por la acción del año.

En el momento de la vendimia los valores de los cinco antocianos en el vaso superan a los de espaldera durante los dos años, excepto en el caso de la peonidina en 1993 si bien son prácticamente iguales en ambos tratamientos. En 1993 no se observan diferencias entre tratamientos en ninguno de los antocianos estudiados, mientras que en 1992 van a aparecer para la delfinidina, la cianidina, y la peonidina.

El hecho de que las concentraciones de los antocianos sean mayores en el vaso, aunque no existan diferencias significativas, puede justificarse por las condiciones microclimáticas creadas por este tipo de tratamiento, al igual que ocurría en el momento de llegar a 20 °Brix.

En el análisis multifactorial, tratamiento y año (Tabla 138), se ve que los valores de la petunidina y la peonidina son diferentes en función del tratamiento elegido, siendo los valores superiores en el vaso ($p \leq 0,05$ en ambos casos), sólo la peonidina parece ser afectada por el año, mientras que la cianidina y peonidina son afectadas por la interacción de los dos factores.

Comparando los datos en los dos momentos se comprueba que las plantas están suficientemente equilibradas a 20 °Brix ya que hasta el momento de la vendimia no se han modificado los valores de la intensidad y tonalidad colorante. Eso mismo ha ocurrido con los antocianos y taninos totales, mientras que los polifenoles han sido sintetizados por las plantas para que no existiesen diferencias significativas entre los dos tratamientos. Finalmente en cuanto a los pigmentos se observa que la tendencia es a sintetizar cantidades suficientes por parte de la espaldera para compensar las concentraciones ligeramente mayores del tratamiento en vaso, por tanto al esperar un cierto tiempo a la vendimia se consigue que no existan diferencias en cuanto a la elección del sistema de conducción elegido.

3.- RELACION ENTRE DISTINTOS PARAMETROS

Se han utilizado técnicas de regresión lineal para un estudio de relación entre las distintas variables, empleando un modelo lineal simple así como otros modelos linealizables.

3.1.- ANALISIS DE REGRESION

Este análisis estadístico permite conocer a través de una expresión matemática la relación entre las distintas variables a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los datos de todos los años de estudio. Se han seleccionado aquellas relaciones entre los distintos parámetros que se ajustaban con unos coeficientes de correlación (r) más adecuados, dentro de las más significativas que se analizaron.

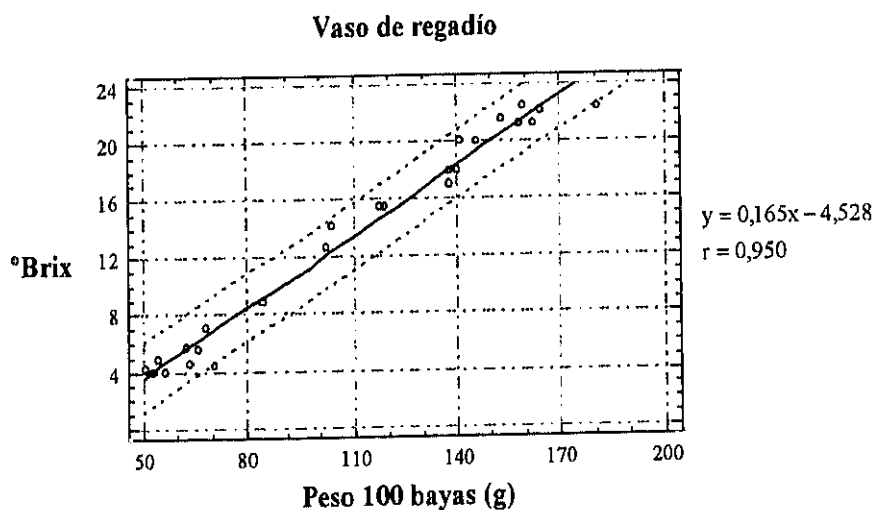
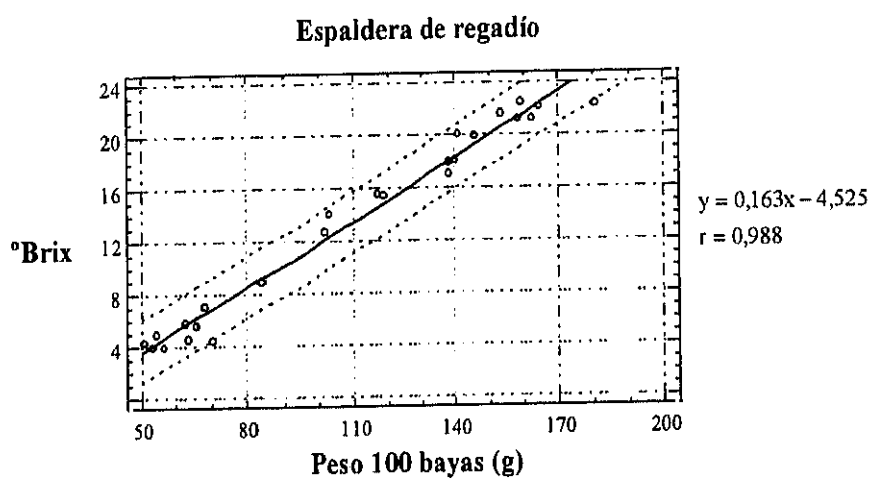
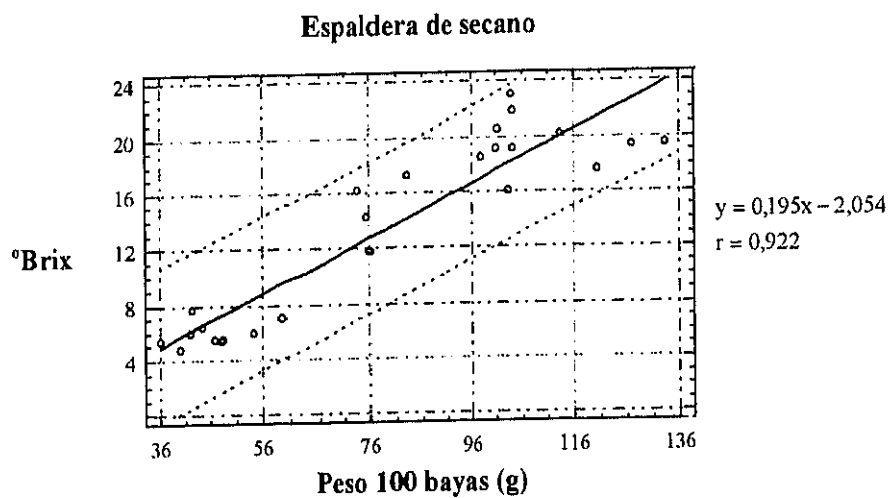
La mayoría de los coeficientes de regresión obtenidos son mayores de 0,8 obteniéndose en bastantes casos valores superiores a 0,95. En todos los casos se rechaza la hipótesis $a=0$, con p-valores prácticamente iguales a cero, confirmando la interacción entre las variables. Por último las representaciones muestran la bondad de los ajustes obtenidos.

En este apartado se encuentran representadas, desde la Figura 44 hasta la Figura 51, para cada tratamiento, todas las gráficas con sus correspondientes ecuaciones y coeficientes de correlación así como los intervalos de confianza.

3.1.1.- PESO-°BRIX

La relación peso-°Brix (Figura 44) en los tratamientos estudiados responde a la ecuación lineal del tipo $y=ax+b$, esto significa que conforme aumenta el peso de las bayas también lo hace el °Brix, si bien el aumento del peso no sólo es debido a la acumulación de los azúcares sino también al agua y otros componentes solubles. Se deduce que son variables íntimamente relacionadas y sus correspondientes valores evolucionan paralelamente en sentido ascendente. Al comparar las distintas ecuaciones de los diversos tratamientos se observa que la pendiente de aumento es ligeramente mayor en la espaldera de secano, frente a la espaldera de regadío y el vaso que son similares. Sin embargo en el secano los valores máximos para los pesos de las bayas son muy inferiores a los de los otros tratamientos, es decir, se alcanza mayor producción en los tratamientos de regadío sin una apreciable disminución en el valor de °Brix. El hecho de que la pendiente de aumento del °Brix en el secano sea superior, es debido a un proceso de concentración de los azúcares por el menor tamaño de las bayas, y no responde a una mayor

Figura 44.- Rectas de regresión para la relación Peso-°Brix.



síntesis de los mismos en este tipo de tratamientos, como ya se comentó en la discusión. Los coeficientes de correlación son adecuados si bien son mayores en la espaldera de regadío ($r=0,988$), es decir en el secano los valores están un poco más dispersos ($r=0,922$).

3.1.2.- PH-°BRIX

La relación pH-°Brix (Figura 45) en los tratamientos experimentales responde a la ecuación lineal del tipo $y=ax+b$, es decir, a medida que aumenta el valor de pH también le ocurre al °Brix, si bien no es una relación causa-efecto sino que los valores de ambas variables evolucionan paralelamente en sentido ascendente. Al comparar las distintas ecuaciones se observa que la pendiente de aumento mayor la tiene la espaldera de secano, esto es posible ya que en este caso las concentraciones de los ácidos, principalmente el málico, disminuyen más rápidamente debido a las propias condiciones microclimáticas de este tratamiento. Así para un mismo valor de °Brix el valor de pH es ligeramente superior en la espaldera de secano que en la de regadío siendo muy parecido al tratamiento en vaso. Los coeficientes de correlación son muy parecidos en los tres tratamientos, si bien es superior también en la espaldera de secano ($r=0,955$). Philip y Kuykendall (1973) observan en la variedad Thompson Seedless que existe una relación lineal entre el pH y °Brix del mosto, con una pendiente ($a=0,079$) y un coeficiente de correlación ($r=0,94$).

3.1.3.- ACIDEZ-°BRIX

La relación acidez-°Brix (Figura 46) en los tratamientos ensayados responde a un modelo de ecuación exponencial del tipo $y= \exp(ax+b)$, que explica cómo en los primeros momentos se la evolución al aumentar el valor del °Brix la acidez total disminuye muy rápidamente, si bien a medida que se alcanzan cifras más elevadas de azúcar la disminución de la acidez tiene lugar de un modo más lento; así por ejemplo al principio del desarrollo diferencias de cuatro unidades de °Brix corresponden a disminuciones de veinte unidades de acidez, mientras que al final esas mismas diferencias de °Brix se corresponden sólo con cinco unidades de acidez. Esta relación no se explica como una relación causa-efecto, sino que los valores de ambas variables evolucionan paralelamente en sentido descendente. Al comparar las distintas ecuaciones se observa que la pendiente de descenso es mayor en el caso de la espaldera de secano, esto es posible ya que las concentraciones de los ácidos, principalmente el málico, disminuyen más rápidamente, debido a las condiciones microclimáticas de este tratamiento. Los coeficientes de correlación son altos y

Figura 45.- Rectas de regresión para la relación PH-°Brix

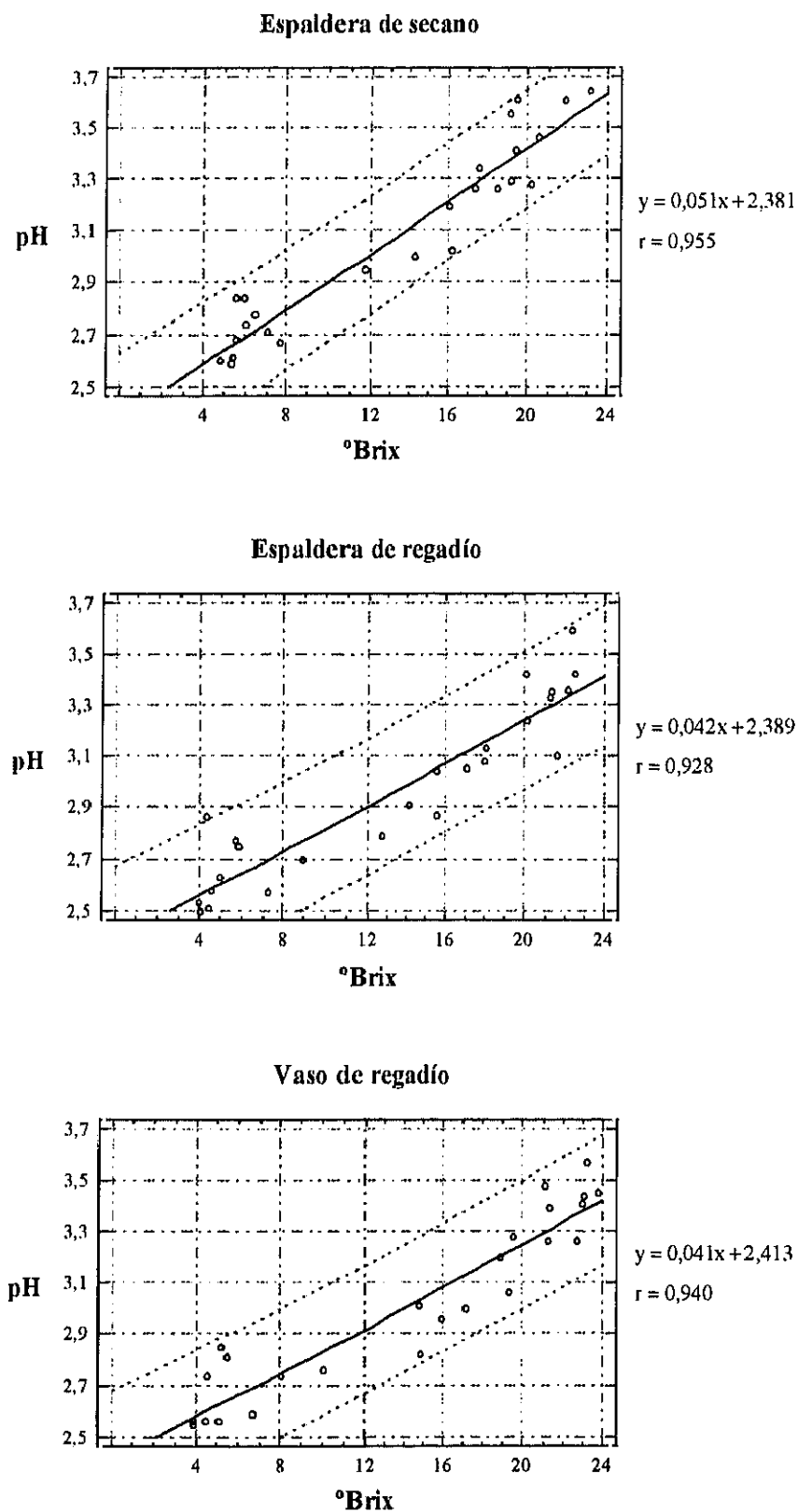
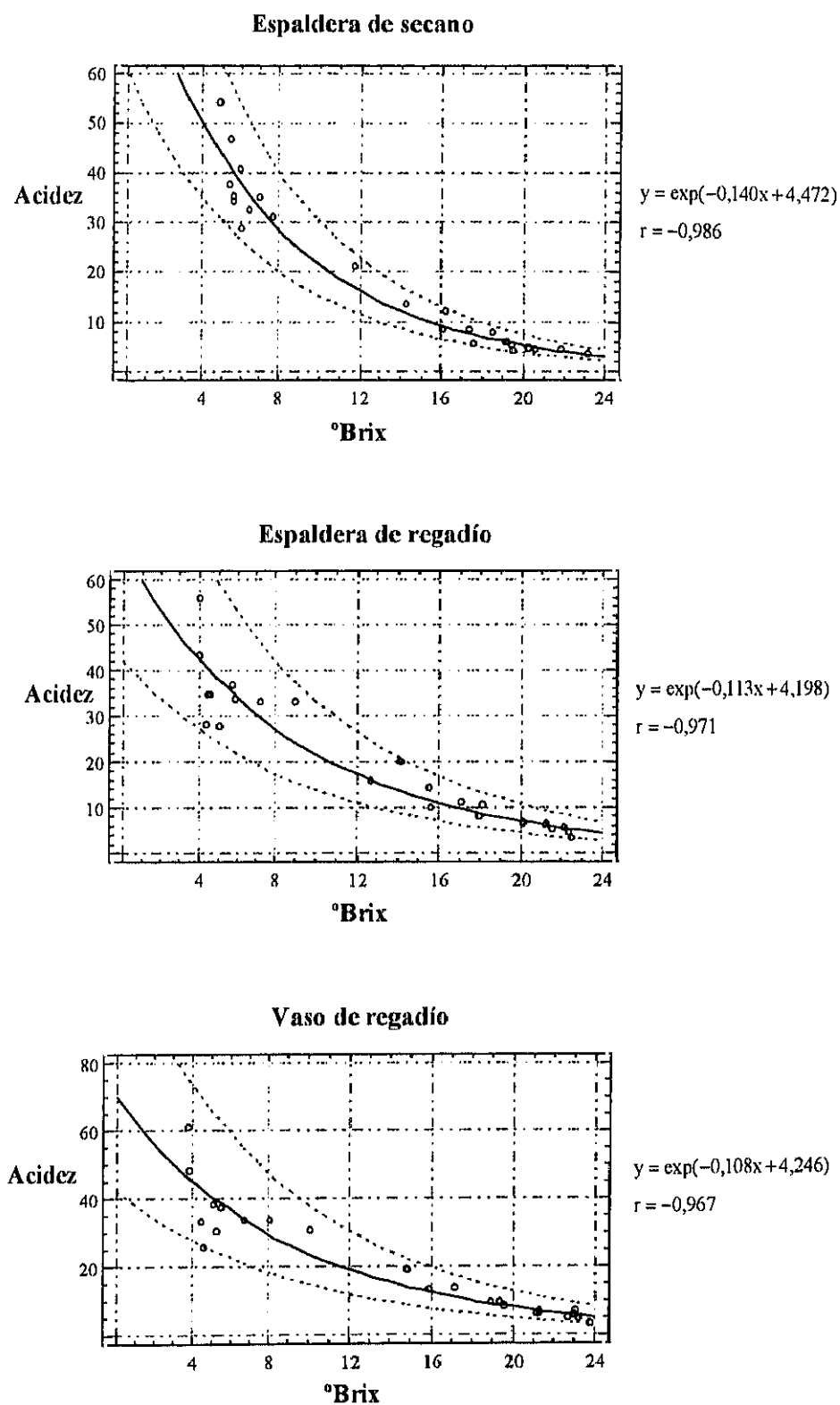


Figura 46.- Rectas de regresión para la relación Acidez-°Brix



muy parecidos en los diferentes tratamientos, si bien es superior también en la espaldera de secano ($r=0,99$). Philip y Kuykendall (1973) observan que existe una relación lineal entre el logaritmo de la acidez total y el °Brix ($r=0,94$) en el mosto de bayas de la variedad Thompson Seedless.

3.1.4.- PH-ACIDEZ

A medida que se produce la maduración de las bayas el valor del pH aumenta de una manera lineal (3.1.2) mientras que la acidez total disminuye de un modo exponencial (3.1.3) durante ese mismo periodo. La relación pH-acidez (Figura 47) responde en los tres tratamientos a un modelo de ecuación logarítmica del tipo $y=a\ln x+b$, así a lo largo de la maduración el valor de pH aumenta logarítmicamente a medida que descende el valor de la acidez. Este modelo nos indica que al principio la disminución de la acidez no modifica mucho el valor del pH sin embargo a medida que progresa la maduración los saltos de pH son mayores para los mismos incrementos de acidez. Esta sí puede considerarse una relación causa-efecto, ya que el aumento del pH está íntimamente relacionado con la disminución de la acidez; así ese aumento del pH es debido a un descenso exponencial de la acidez, como consecuencia de una disminución rápida del málico y un incremento de las sales de potasio. Al comparar en los tres tratamientos las distintas ecuaciones se observa que la pendiente de aumento del pH en relación a la acidez es muy parecida, encontrándose las diferencias en la segunda y tercera cifra decimal. Los coeficientes de correlación son elevados y muy parecidos entre los tratamientos, si bien es superior también en la espaldera de secano ($r=0,97$). Philip y Kuykendall (1973) explican que existe una relación lineal entre el logaritmo de la acidez total y el pH ($a=-1,28$; $r=0,98$) en el mosto de bayas de la variedad Thompson Seedless.

3.1.5.- °BRIX-GLUCOSA+FRUCTOSA

La relación entre el °Brix con los dos azúcares mayoritarios determinados por HPLC (Figura 48) en los diferentes tratamientos responde a la ecuación lineal del tipo $y=ax+b$, es decir, a medida que aumenta el valor de la suma de las dos hexosas también lo hace el °Brix. Al comparar las ecuaciones de cada tratamiento se observa que la mayor pendiente de aumento, le corresponde a la espaldera y el vaso de regadío frente a la espaldera de secano, si bien son valores muy próximos entre sí. Los coeficientes de correlación son muy altos ($r=0,99$) en todos

Figura 47.- Rectas de regresión para la relación pH-Acidez.

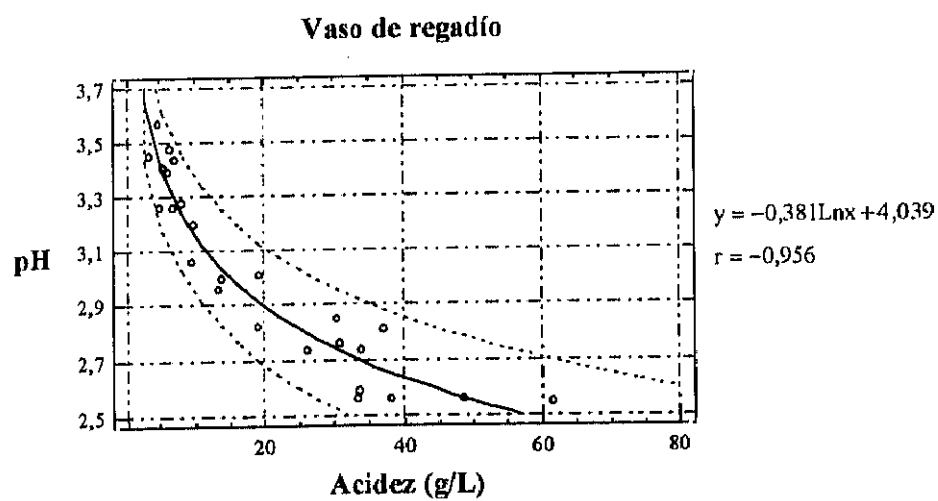
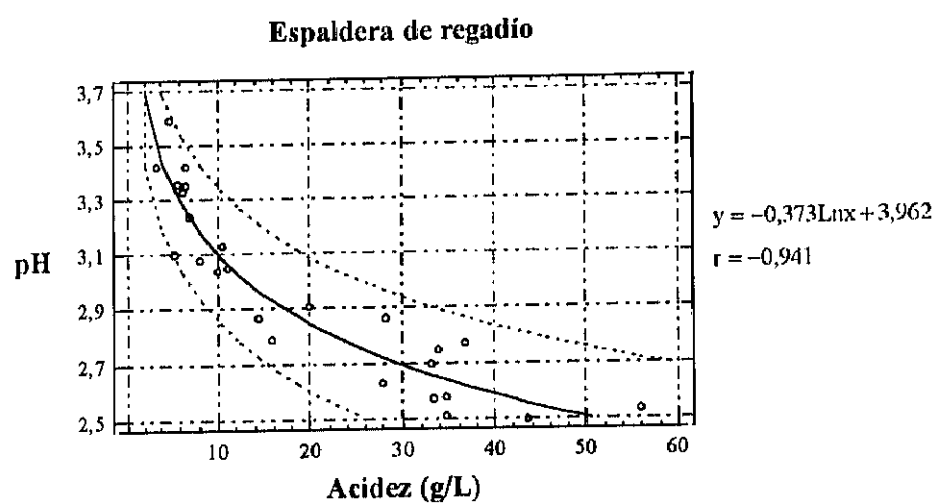
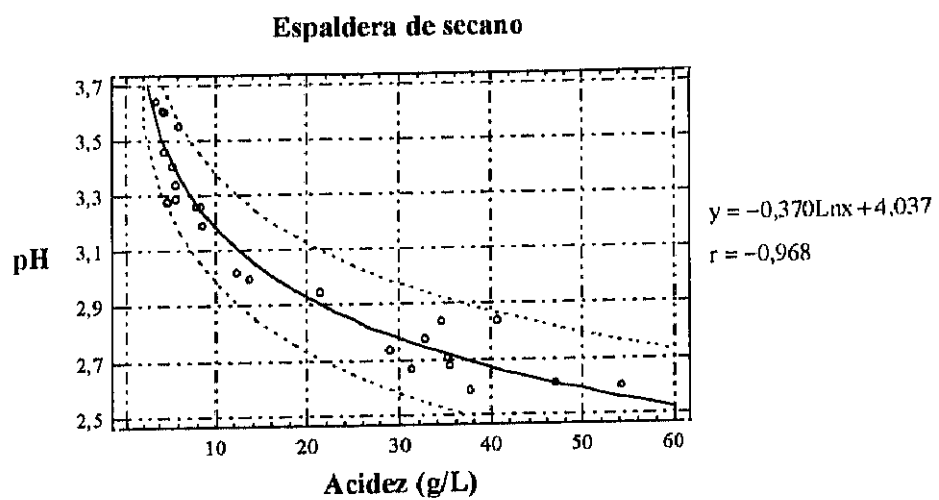
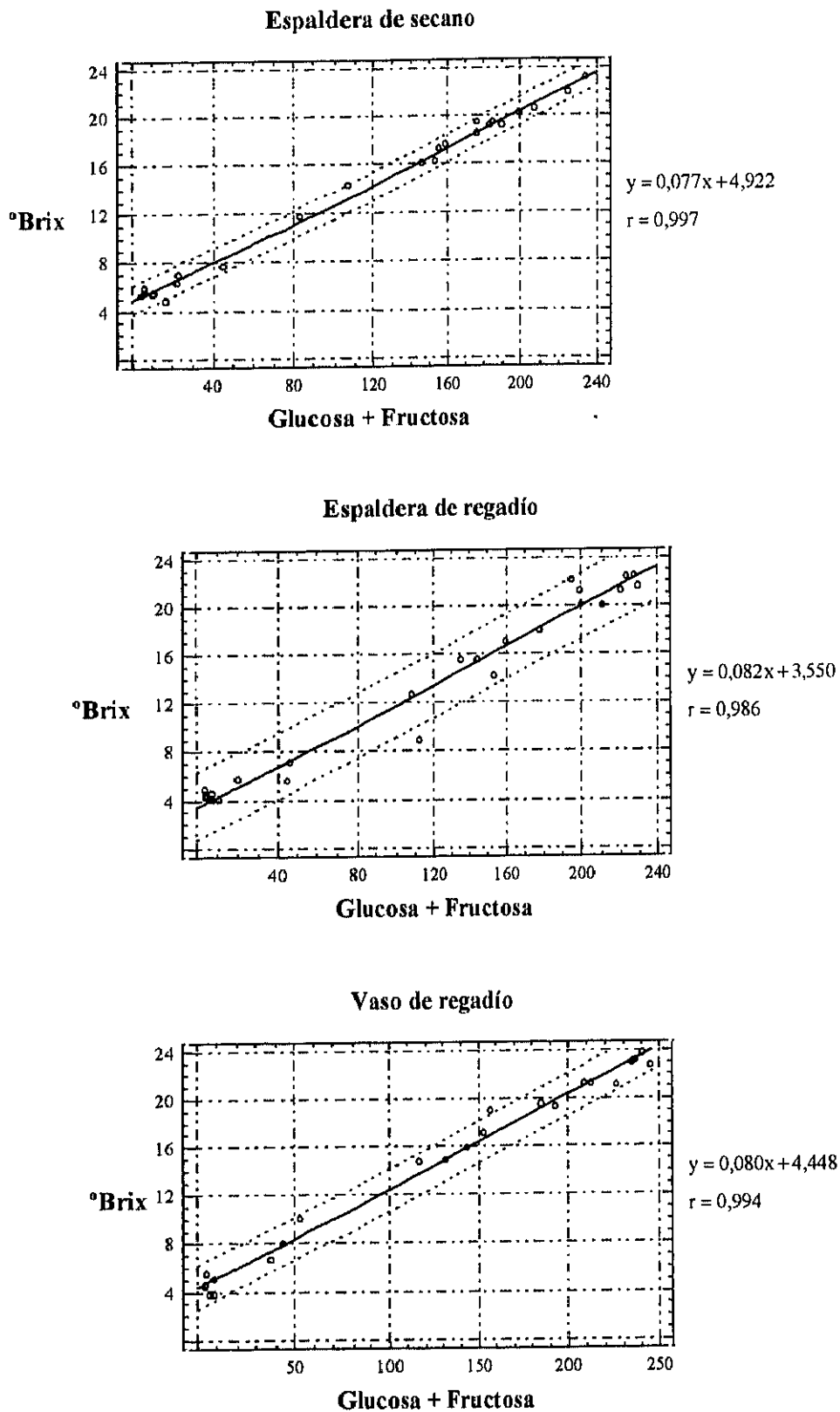


Figura 48.- Rectas de regresión para la relación °Brix-Glucosa+Fructosa.



los tratamientos, es decir, existe una buena correlación entre los datos de azúcares del mosto determinados por estos dos métodos analíticos diferentes.

Kliwer (1966) indica que cuando se inicia el crecimiento de la baya los valores de °Brix están influidos por otras sustancias solubles, tales como los ácidos orgánicos que en ese momento se encuentran en mayor proporción, sin embargo la óptima relación obtenida en este estudio entre el °Brix y los azúcares reductores, permite afirmar que la determinación de azúcares a través de la expresión de °Brix ha resultado ser satisfactoria.

3.1.6.- ACIDEZ TOTAL-TARTARICO+MALICO

La relación entre la acidez total con los dos ácidos mayoritarios determinados por HPLC (Figura 49) en los tratamientos experimentales responde a la ecuación lineal del tipo $y=ax+b$, es decir, a medida que aumenta el valor de la suma de los dos ácidos también lo hace la acidez total. Al comparar las distintas ecuaciones en los distintos tratamientos se observa que la pendiente de aumento mayor la tiene la espaldera y el vaso de regadío frente a la espaldera de secano, si bien son valores muy próximos entre sí. Los coeficientes de correlación en los tratamientos son muy cercanos ($r=0,88$ y $0,83$). Además, se deduce que existe una buena correlación entre los datos de los ácidos del mosto determinados por los dos métodos analíticos diferentes de determinar el valor de la acidez final de un mosto.

3.1.7.- PROLINA-°BRIX

La relación prolina-°Brix (Figura 50) en cada tratamiento responde a la ecuación lineal del tipo $y=ax+b$, es decir, a medida que aumenta el valor del °Brix también lo hace la prolina. Son variables que evolucionan paralelamente en sentido ascendente, si bien no está claro que sea una relación causa-efecto. Al comparar las distintas ecuaciones en los diversos tratamientos se observa que la pendiente de aumento mayor, la tiene el vaso de regadío, seguido de la espaldera de regadío y finalmente la de secano, que es la que alcanza los valores más bajos; por tanto el secano a igualdad de °Brix llega a cifras menores, esto indica que el riego no ha perjudicado la síntesis de prolina ni tampoco el cambio en el sistema de conducción. El mejor coeficiente de correlación se ha obtenido en el vaso de regadío ($r=0,91$), si bien los otros dos aunque son menores ($r=0,71$ y $0,72$) son adecuados.

Kliwer y Ough (1970) indican que la concentración de prolina en el mosto de bayas de la variedad Thompson Seedless, está directamente relacionada con la maduración de las bayas

Figura 49.- Rectas de regresión para la relación Acidez-Tartárico+Málico.

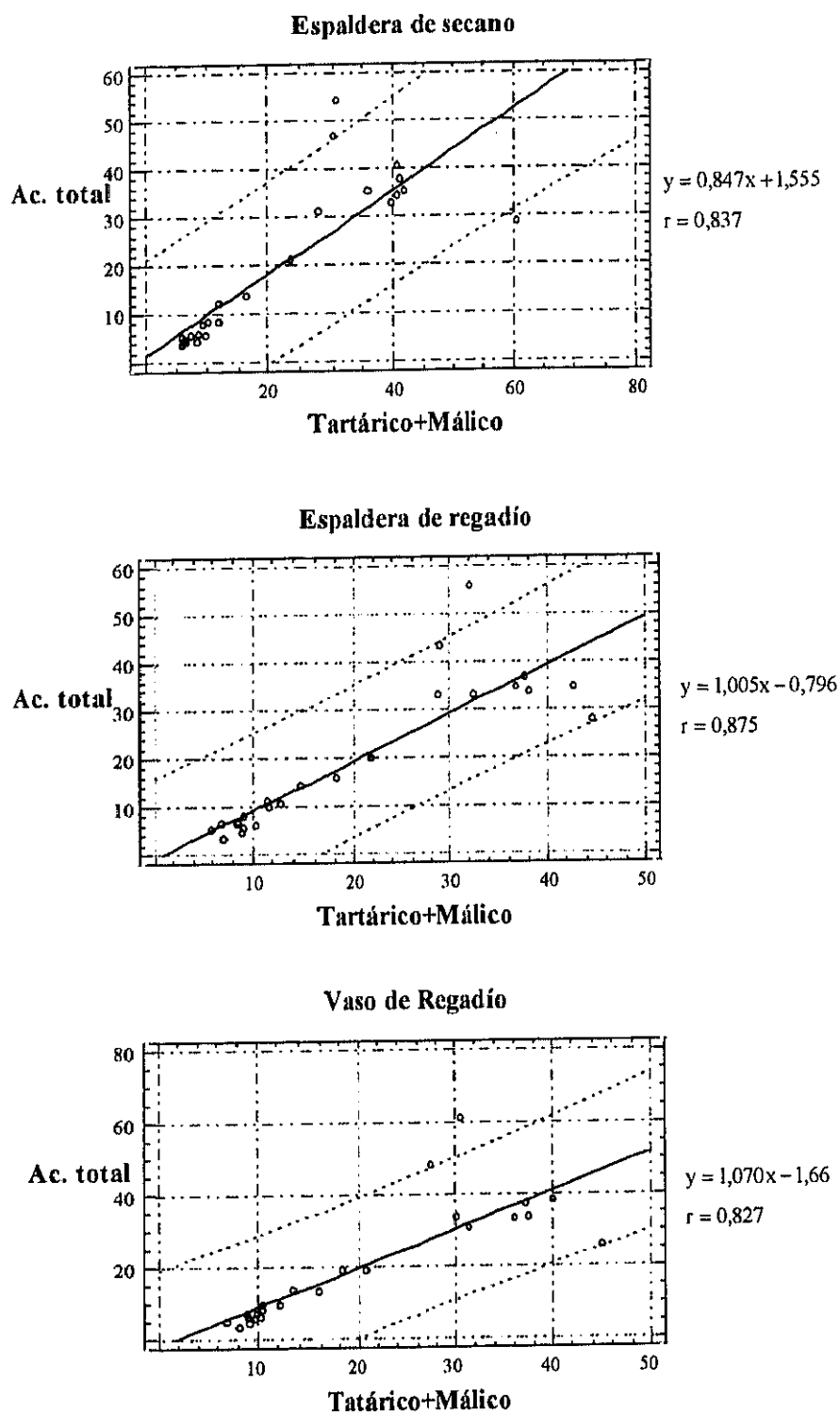
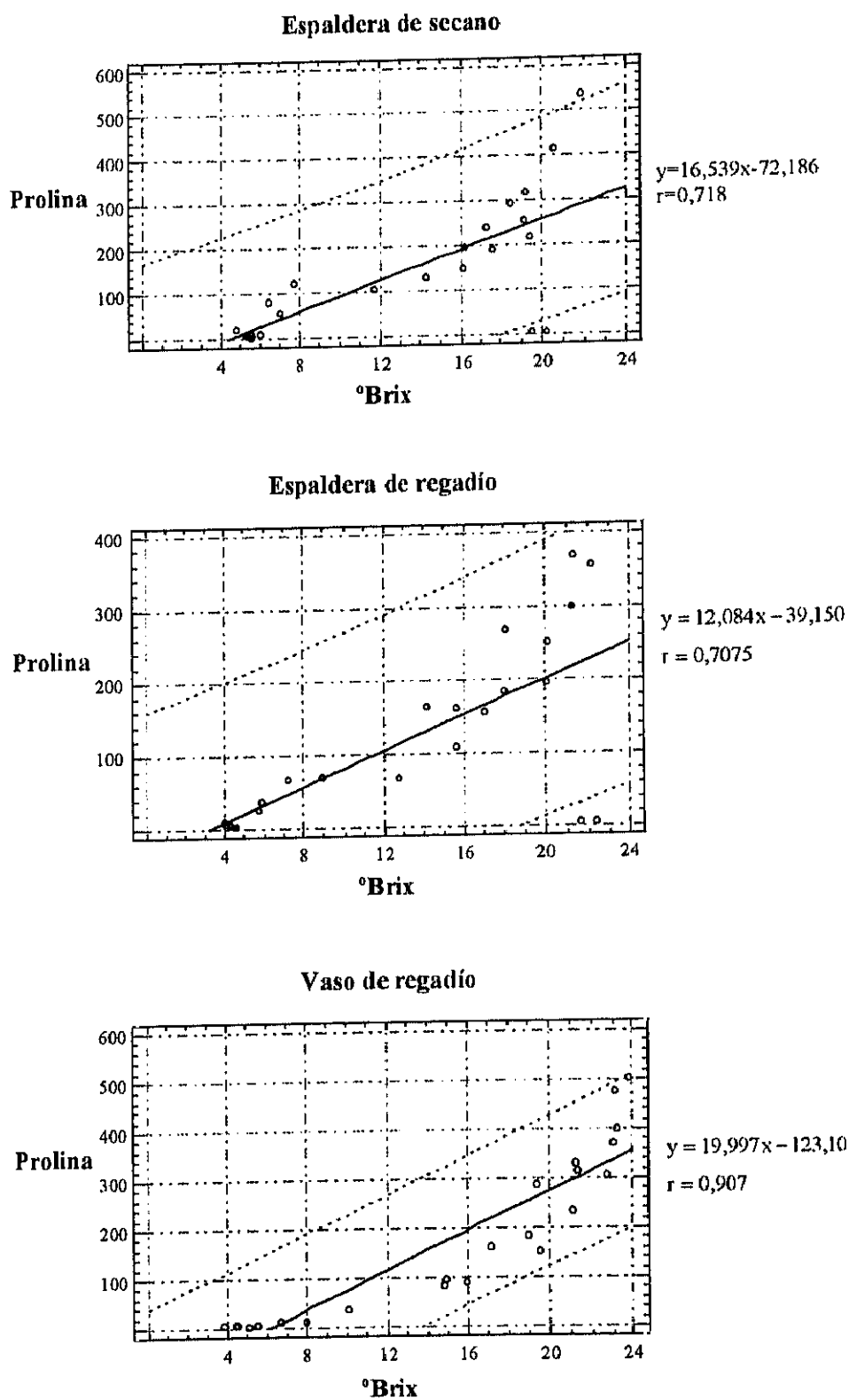


Figura 50.- Rectas de regresión para la relación Prolina-°Brix.



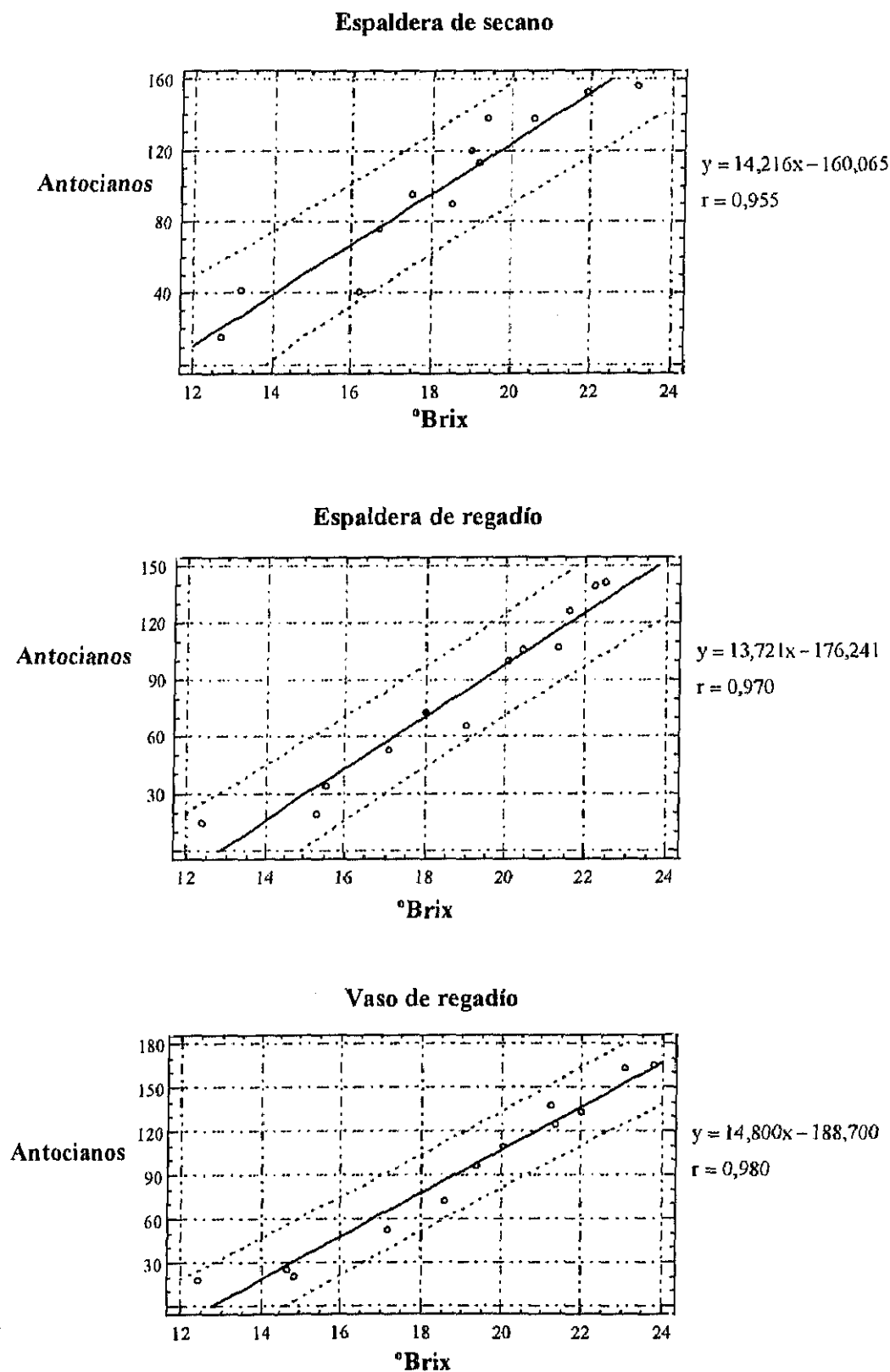
(°Brix), y también con la relación área foliar/peso de frutos. Obtuvieron una relación lineal ($a=43,5$; $r=0,85$) entre la prolina y los sólidos solubles en el momento de la vendimia. Ough y Stashak (1974) indican una alta dependencia de la prolina con el valor de °Brix, observando que en función de la variedad y de los distintos racimos de una misma variedad la regresión lineal calculada no tiene la misma pendiente, y comprobaron que el efecto de la maduración sobre la concentración de prolina varía mucho en función de la variedad.

3.1.7.- ANTOCIANOS TOTALES-°BRIX

La relación antocianos-°Brix (Figura 51) en los tratamientos responde a la ecuación lineal del tipo $y=ax+b$, es decir, a medida que aumenta el valor del °Brix también lo hacen los antocianos totales analizados en el hollejo. Son variables que evolucionan paralelamente en sentido ascendente, y algunos autores (Pirie y Mullins, 1977) afirman que existe una estrecha relación entre los azúcares y los antocianos, siendo los primeros el factor limitante para la síntesis de los pigmentos. Al comparar las distintas ecuaciones de los tratamientos ensayados se observa que la pendiente de aumento mayor la tiene el vaso de regadío seguido de la espaldera de secano y finalmente la de regadío que es la que alcanza los valores más bajos. Por tanto el sistema de conducción en vaso es el que crea unas condiciones microclimáticas más favorables para alcanzar mayor concentración de antocianos en los hollejos. El mejor coeficiente de correlación se ha obtenido en el vaso de regadío ($r=0,968$), siendo los restantes altamente satisfactorios ($r=0,96$ y $0,97$).

Pirie y Mullins (1977) observaron que si bien existía una relación entre los azúcares del mosto y los antocianos de los hollejos, las mejores correlaciones las consiguieron entre los azúcares analizados en los hollejos y los antocianos ($r=0,96$) a través de una curva de segundo grado. Posteriormente Wicks y Kliwer (1983) modificaron una serie de condiciones que afectaban al contenido de los antocianos, como es el caso de la luz, la temperatura o ciertos factores de crecimiento, demostraron que las cantidades de éstos se alteraban, mientras que los carbohidratos no sufrían modificación, por tanto supusieron que los carbohidratos de los hollejos eran importantes en la síntesis de los antocianos pero no definitivos; es decir, el aumento de dichos componentes se produce de un modo simultáneo, pero no como consecuencia el uno del otro, es decir, los azúcares no son los agentes causales del incremento de los antocianos.

Figura 51.- Rectas de regresión para la relación Antocianos-°Brix.



VI. CONCLUSIONES

I.- CONCLUSIONES GENERALES

1.- En la cv. Tempranillo la evolución de los componentes químicos en las bayas durante las fases herbácea y de maduración, en los distintos regímenes hídricos y sistemas de conducción, han mostrado las mismas tendencias generales observadas por otros autores en otras variedades, condiciones ambientales y culturales. Cuantitativamente en cada momento los valores obtenidos son característicos de la variedad estudiada y de las condiciones del ensayo realizado. Es decir, respecto a las tendencias observadas en la evolución de los componentes, los cambios en la composición de la baya en las distintas fases del crecimiento son principalmente cuantitativos y no tanto cualitativos.

Cualitativamente las tendencias se mantienen y se observa que las distintas condiciones ambientales desplazan las fechas de la evolución, pudiéndose encontrar adelantos o retrasos en los procesos de síntesis, acumulación, degradación o dilución, como se muestra en los cambios que se producen de un año a otro, y que afectan a las condiciones del ensayo.

Las tendencias de los componentes de las bayas resultan decisivas porque de ellas dependen los valores que finalmente se alcanzan en ciertos niveles de maduración o en vendimia, que en definitiva calificarán el potencial enológico, y por esta razón resultan los valores más importantes.

Cuantitativamente se comprueba que las evoluciones ascendentes en el mosto se refieren a sólidos solubles totales, glucosa, fructosa, pH, potasio, prolina, mientras que en el hollejo destacan los polifenoles, antocianos y taninos totales, intensidad colorante, así como los cinco antocianos estudiados. En el mosto presentan perfiles descendentes la acidez total, tartárico, málico, cítrico, calcio, magnesio, tonalidad colorante mientras que el sodio no tiene una tendencia clara.

Existe una relación de dependencia significativa entre el peso-°Brix, pH-acidez, prolina-°Brix, y antocianos-°Brix, sin embargo resulta interesante destacar que a lo largo del crecimiento de las bayas podemos encontrar relaciones matemáticas entre los componentes que nos indican que éstos evolucionan en equilibrio, debido a que una gran cantidad de factores de regulación actúan en conjunto sobre ellos. Esto no quiere decir que las relaciones sean todas de causa-efecto, sino que los ritmos de evolución de los componentes en las bayas son relacionables.

2.- Las cepas en los tratamientos de regadío se caracterizan por un mayor desarrollo vegetativo, con una mayor superficie foliar, y un incremento en la actividad fotosintética. En cuanto a la producción, se han obtenido en este tipo de tratamientos cantidades significativamente mayores a las de secano, si bien las elevadas producciones de las cepas no han aportado influencias negativas en la composición de las bayas, en particular las que cabría esperar por una dilución de los distintos componentes, como consecuencia de un aumento grande del tamaño o número de frutos por racimo, dado que en general los procesos de síntesis o acumulación producidos han compensado dicho efecto de dilución.

La composición de los distintos elementos de la baya es sensible al estado hídrico de la viña durante el proceso de desarrollo de las uvas, así periodos de bajo contenido de agua pueden alterar la composición de la fruta a través de mecanismos directos o indirectos y de eso va a depender la calidad del mosto resultante y posteriormente la del vino.

Igualmente las modificaciones microclimáticas y de los equilibrios entre la superficie foliar y los racimos, provocados por el cambio de poda de vaso o espaldera, dan lugar a variaciones en la composición de las bayas durante su evolución. Sin embargo, aunque las diferencias son significativas en algunos casos, incluso en las últimas fases del ciclo y en la vendimia, con los cambios cuantitativos observados en su conjunto, resulta difícil calificar cuantitativamente a unas bayas como mejor que otras por sus potenciales enológicos.

II.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LOS DIFERENTES COMPONENTES DE LA BAYA

1.- Azúcares

En ausencia de estrés hídrico, se observa que el contenido en sólidos solubles tiende a ser igual o superior durante la maduración, alcanzando finalmente en vendimia valores superiores o significativamente no diferentes. La síntesis de glucosa y fructosa, debido a una mayor actividad fotosintética de las hojas, es superior en regadío, de manera que su acumulación en las bayas ha compensado el efecto de dilución respecto al secano, lo que se traduce en concentraciones superiores sin un retraso de la maduración. Es decir, se considera que el riego necesita menos tiempo para llegar al mismo nivel de sólidos solubles totales, con valores semejantes en la relación de glucosa/fructosa, alcanzando en vendimia valores que dependen de las condiciones climatológicas de cada año y del tipo de tratamiento. La disponibilidad de agua compensa el

aumento de producción con concentraciones iguales o superiores de azúcar, es decir, el riego puede aumentar la producción sin afectar sensiblemente a la concentración de azúcar.

El régimen hídrico resulta un factor más decisivo que el sistema de poda en la regulación y equilibrio de los componentes de la uva, así se observa que no existen diferencias significativas en los valores de sólidos solubles alcanzados por los dos sistemas de conducción. La síntesis de las dos hexosas es ligeramente superior en el vaso y se comprueba que al ser las concentraciones en la espaldera inferiores, el tiempo que necesita ésta para llegar al mismo estado de maduración es mayor por lo que se considera que se retrasa la maduración con respecto al vaso.

2.- Tartárico, Málico y Cítrico

Los procesos de síntesis y acumulación de los ácidos orgánicos (tartárico, málico y cítrico) en las bayas, son más intensos en ausencia de estrés hídrico, si bien la evolución durante la maduración da como resultado que la concentración de tartárico en el mosto se mantenga más elevada como consecuencia de su estabilidad y menor dilución en el seco; sin embargo la mayor sensibilidad del málico a los procesos de combustión favorecidos por las condiciones de estrés determina concentraciones más altas en los mostos de regadío, los cuales en particular por esta razón presentan valores inferiores en la relación tartárico/málico.

El tipo de poda, sin embargo, ha resultado poco decisivo en la síntesis y evolución de los ácidos orgánicos, siendo el málico el más sensible al alcanzar concentraciones más bajas en el sistema con mayor nivel de producción como es el caso de la espaldera. Se observa que tanto a 20 °Brix como en el momento de la vendimia las concentraciones de los tres ácidos son ligeramente superiores en vaso aunque sin diferencias significativas respecto a la espaldera.

3.- Cationes

En los tratamientos en los que la planta dispone de una mayor cantidad de agua se favorece tanto una mayor migración de los elementos minerales, que se manifiesta por una cantidad superior de los cationes en la baya, como por un mayor efecto de dilución que se traduce en concentraciones iguales o superiores en el seco, en cualquier caso, las concentraciones en el mosto van a depender de las condiciones estacionales. La diferente geometría con distintas relaciones hojas a frutos de las formas de conducción en vaso y espaldera, afectan al proceso de migración y acumulación de cationes en las bayas, lo que se manifiesta en la cantidad por baya y

en las concentraciones variables según el momento de la maduración, siendo las cantidades generalmente iguales o superiores en la espaldera.

4.- Acidez total y PH

Las diferencias de acidez total no reflejan necesariamente las diferencias en los ácidos orgánicos, si bien al igual que éstos se ve favorecida por la mayor disponibilidad de agua y poco afectada por el cambio de sistema de conducción.

El pH representa la acidez real y es un parámetro importante de estabilidad del mosto (o vino), que va a depender principalmente de la cantidad de ácidos y cationes presentes. Se comprueba que tanto a 20 °Brix como en vendimia los valores de pH alcanzados son significativamente superiores en secano, en los tratamientos de regadío el mayor volumen de dilución es compensado por la planta con una superior cantidad de ácidos y de cationes por baya, por tanto los valores más bajos de pH se deben a una mayor proporción de ácidos libres (sin salificar) respecto al secano. A pesar de las modificaciones en el nivel de ácidos, las diferencias en los valores de pH no son muy grandes, debido probablemente a fluctuaciones principalmente en el contenido de potasio en el mosto.

En cuanto al sistema de conducción se observa que las condiciones creadas por el vaso favorecen valores no diferentes o significativamente superiores a las de la espaldera. El hecho de que en vendimia no estén afectados los valores de la acidez total y sí el pH en función del diferente tratamiento, indica que es debido a la presencia de cationes que salifican en mayor proporción a los ácidos libres. En el vaso existe una mayor cantidad de málico mientras que las concentraciones de tartárico no son diferentes, por ese predominio de un ácido débil junto con la mayor cantidad de potasio se favorece un aumento del pH.

5.- Prolina

El régimen hídrico de las vides parece no afectar sustancialmente a la capacidad de síntesis de este compuesto nitrogenado, si bien las concentraciones son superiores en el secano debido al menor efecto de dilución, sin embargo en vendimia no se alcanzan valores con diferencias significativas. En cuanto al sistema de conducción se observa que el vaso sintetiza mayor cantidad de prolina acumulándose en una proporción suficiente como para que las concentraciones en las bayas en este sistema lleguen a ser superiores.

6.- Compuestos polifenólicos en el hollejo

Las consecuencias del estrés hídrico en la síntesis y evolución de polifenoles y taninos totales en los hollejos dan como resultado concentraciones siempre superiores en secano. Sin embargo la regulación de los procesos de síntesis y acumulación de antocianos resulta extremadamente compleja, ya que siendo el régimen hídrico un factor que modifica intensamente el comportamiento de la vid, las concentraciones de antocianos no muestran una dependencia clara ni de las condiciones anuales ni del régimen hídrico. Los sistemas de conducción diferentes, pero adecuadamente equilibrados reflejan unas concentraciones semejantes de polifenoles, taninos y antocianos totales.

En la variedad Tempranillo se observa que la distinta disponibilidad hídrica no afecta a la planta negativamente en cuanto a la capacidad de síntesis de los distintos antocianos (delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina), alcanzándose cantidades por baya iguales o superiores en el regadío, siendo el efecto de dilución el que condicione las concentraciones finales, si bien no existen diferencias significativas entre tratamientos. Por tanto la acumulación en los tratamientos sin estrés ha sido suficiente como para compensar el mayor efecto de dilución. Es decir, que las mayores producciones en regadío no han impedido alcanzar concentraciones similares o superiores en secano, y por tanto resultan más interesantes los resultados en vendimia que a 20 °Brix ya que en la fase final son muy importantes los incrementos de materia colorante en relación a los sólidos solubles en regadío. En esta variedad el diferente sistema de poda tampoco afecta significativamente a la concentración de los distintos antocianos, siendo el vaso el que alcanza cantidades por baya y concentraciones iguales o superiores a la espaldera, ya que este sistema de conducción crea un microclima en los racimos que favorece unas mayores concentraciones aunque en general sin diferencias significativas entre los dos tratamientos.

Se ha comprobado que en todas las fechas de la evolución el predominio de cada uno de los antocianos respecto al total siempre es el mismo, siendo la malvidina la más abundante y el componente mayoritario de la materia colorante, seguido de la delfinidina, petunidina, peonidina y cianidina, es decir, es una característica de la variedad. Las condiciones climatológicas, la variedad y el tratamiento influyen en las concentraciones finales, si bien ni el sistema de conducción ni la diferente disponibilidad de agua afectan a los porcentajes de esos antocianos respecto al total.

El valor del pH influye en la intensidad y tonalidad del mosto final, así como la concentración de antocianos, en nuestro caso al ser el regadío el que tiene menores valores de pH

y mayores concentraciones de pigmentos también se favorecerá que la intensidad colorante del mosto sea superior en este tratamiento.

7.- Compuestos polifenólicos en el mosto

Los análisis comunes de compuestos polifenólicos realizados en el mosto y en el hollejo ponen en evidencia que estos compuestos en el mosto sólo van a tener relevancia cuando éste se dirija a la vinificación en blanco o rosado, sin embargo cuando se trata de vinificación en tinto, donde juegan un papel muy importante las partes sólidas, se debe tener en cuenta únicamente los análisis del hollejo, ya que los valores de concentración del mosto no reflejan con fidelidad las cantidades presentes en los hollejos que pueden variar según la forma de obtención de los mostos. La totalidad de la materia colorante en el hollejo representa el potencial de color, aunque dependiendo del tipo de maceración se manifiesta con diferente intensidad en el mosto (o vino), resultando muy importantes tanto el peso de las bayas como la relación entre la superficie del hollejo y el volumen de la pulpa, ya que durante la vinificación son extraídos de los hollejos en todo el volumen de mosto, quedando diluidos y afectando así a la intensidad y tonalidad colorante final.

En el mosto la intensidad colorante tiene valores superiores en secano debido a la menor dilución por el tamaño inferior de las bayas, mientras que la tonalidad alcanza valores muy semejantes al regadío. Con estrés hídrico se alcanzan cantidades por baya de polifenoles, taninos y antocianos totales inferiores, sin embargo debido al efecto de dilución en regadío se favorece un acercamiento de las concentraciones entre ambos tratamientos. En los distintos sistemas de conducción: los valores de intensidad y tonalidad son semejantes, con cantidades por baya y concentraciones de polifenoles, taninos y antocianos totales ligeramente superiores en vaso pero sin diferencias significativas.

III.- CONSIDERACIONES PRACTICAS DERIVADAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

1.- Desde un punto de vista aplicado a la transformación de viñedos de secano en regadío puede concluirse que la disponibilidad de agua resulta un factor esencial en la regulación de la composición de las bayas. Con un manejo correcto no sólo se puede contrarrestar los incrementos

de rendimiento con síntesis y acumulaciones más intensas, no deteriorando el valor enológico de los mostos, sino que incluso se pueden mejorar los contenidos de algunos componentes.

2.- Los cambios en la forma de cultivo como el sistema de poda, (con la finalidad prioritaria entre otras, de mejorar el nivel de mecanización del viñedo) y que conllevan cambios sustanciales en las vides, no tiene necesariamente un reflejo negativo en la composición de la uva cuando los viñedos están adecuadamente equilibrados.

VII. BIBLIOGRAFIA

Amerine M.A. (1956). The maturation of wine grapes. *Wines and vines* 10:27-38.

Amerine M.A. y Ough C.S. (1988). *Methods for analysis of musts and wines*. Ed. John Wiley and Sons, New York, 377 pp.

Amerine M.A., y Thoukis G. (1958). *Vitis* 1:224.

Andradas M. (1991). Influencias climáticas sobre el proceso de maduración del fruto de *Vitis vinifera*. Diferenciación varietal. Tesis, Universidad de

Archer E., y Strauss H.C. (1991). The effect of vine spacing on the vegetative and reproductive performance of *Vitis vinifera* L. (cv. Pinot noir). *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 12, (2):70-76.

Arnold W.N. (1965). β -Fructofuranosidase from grape berries. *Biochim. Biophys. Acta* 110:134-147.

Bakker J., Bridle P., Timberlake C.F. y Arnold G.M. (1986). The colours, pigment and phenol contents of young port wines: Effects of cultivar, season and site. *Vitis* 25:40-52.

Baeza P. (1994). Caracterización ecofisiológica y evaluación agronómica de diferentes sistemas de conducción del viñedo (*Vitis vinifera* L.) en regadío. Tesis, Universidad Politécnica de Madrid (E.T.S.I.A.).

Baldwin, J.G. (1964). The relation between weather and fruitfulness of the Sultana vine. *Aust. J. Agric. Res.* 15:920-928.

Ballatore G.P., Ravelli F., y Lombardo V. (1970). Esperienze di irrigazione della vite sull'ambiente semiarido della Sicilia sudoccidentale. *Irrigazione* 17:25-36.

Bartolomé C. (1993). Respuestas de la vid (*V. vinifera* L.) a condiciones de estrés hídrico: efectos sobre las relaciones agua-planta, el crecimiento, la producción y la calidad (cv. Tempranillo). Tesis, Universidad Politécnica de Madrid (E.T.S.I.A.).

Bissell P., Ewart A. y Sangtippawan W. (1989). Loading concentrations for tartaric and malic acid for single column HPLC organic acid analysis. *Am. J. Enol. Vitic.* **40**, (4):316-319.

Blakeley R.J. (1951). The metabolism and antiketogenic affects of sorbitol. Sorbitol dehydrogenase. *Biochem. J.* **49**:257-271.

Bledsoe A.M., Kliever W.M. y Marrois J.J. (1988). Effects of timing and severity of leaf removal on yield and fruit composition of Sauvignon blanc grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* **39**, (1):49-54.

B.O.E. (Nº 110). Métodos oficiales de análisis de zumos de uva (7/5/1988).

Boulton R.B. (1980). The general relationship between potassium, sodium and ph in grape juice and wine. *Am. J. Enol. Vitic.* **31**:182-186.

Boulton R.B. (1980). The relationship between total acidity, titrable acidity and ph in grape tissue. *Vitis* **19**:113-120.

Bourzeix M., y Kovac V. (1989). Mise au point: Procyanidines ou proanthocyanidols ?. *Bulletin de L'O.I.V.* **697-698**:165-176.

Bourzeix M., Heredia N., Meriaux S., Rollin H., y Rutten P. (1977). De l'influence de l'alimentation hydrique de la vigne sur les caractéristiques anatomiques des baies de raisins et leur richesse en couleur, tanins et autres constituants phénoliques. *C.R. Hebd. Seances Acad. Sci. Ser. D* **284**:365-368.

Brady C.J. (1987). Fruit ripening. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **38**:155-178.

Bravdo B., y Hepner Y. (1986). Water management and effect on fruit quality in grapevines. In: Proceedings of sixth australian wine industry technical conference. Ed. Australian Industrial Publishers, edited by Terry Lee (1987) pg 150-158.

Bravdo B., Hepner Y., Loinger C., Cohen S. y Tabacman H. (1984). Effect of crop level on growth, yield and wine quality of a high yielding Carignane vineyard. *Am. J. Enol. Vitic.* 35. (4):247-252.

Bravdo B., Hepner Y., Loinger C., Cohen S. y Tabacman H. (1984). Effect de l'irrigation et de l'aimentation minérale sur la qualité du moût et des vins. *Bulletin de L'O.I.V.* pg 729-740.

Bravdo B., Hepner Y., Loinger C., Cohen S. y Tabacman H. (1985). Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 36:132-139.

Bravdo B., Hepner Y., Loinger C., Cohen S. y Tabacman H. (1985). Effect of crop level and crop load on growth, yield, must and wine composition, and quality of Carbenet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 36, (2):125-131.

Brouillard R. (1982). Chemical structure of anthocyanins. In: Anthocyanins as food colors. Ed. Markakis P., Academic Press, New York.

Budin R. (1983). Accumulation of anthocyanins, sugars and organic acids in grapes of the Blue Franconia and Saint-Laurence varieties during ripening. *Chem. Abstract* 101:50397z

Buttrose M.S. (1969 a). Fruitfulness in grapevines: Effects of light intensity and temperature. *Bot. Gaz.* 130:166-173.

Buttrose M.S. (1969 b). Fruitfulness in grapevines: Effects of changes in temperature and light regimes. *Bot. Gaz.* 130: 173-179.

Buttrose M.S. (1969 c). Fruitfulness in grapevines: Effects of daylength. *Vitis* 8: 188-190.

Buttrose M.S. (1970). Fruitfulness in grapevines: The response of different cultivars to light, temperature and daylength. *Vitis* 9: 121-125.

Buttrose M.S., y Hale C.R. (1973). Effect of temperature on development of the grapevine inflorescence after bud burst. *Am. J. Enol. Vitic.* 24:14-16.

Buttrose M.S., Hale C.R. y Kliever W.M. (1971). Effect of temperature on the composition of Cabernet Sauvignon berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 22:71-75.

Cacho J., Fernández P., Ferreira V., y Catells J.E. (1992). Evolution of five anthocyanidin-3-glucosides in the skin of the Tempranillo, Moristel, and Garnacha grape varieties and influence of climatological variables. *Am. J. Enol. Vitic.* 43:244-248.

Candolfi-Vasconcelos M.C., y Koblet W. (1990). Yield, fruit quality, bud fertility and starch reserves of the wood as a function of leaf removal in *Vitis vinifera*- Evidence of compensation and stress recovering. *Vitis* 29:199-221.

Carbonneau A. (1980). Recherche sur les systèmes de conduite de la vigne: essai de maîtrise du microclimat et de la plante entière pour produire économiquement du raisin de qualité. Thèse Université de Bordeaux II, pg. 240.

Carbonneau A., Casteran P., y Leclair Ph. (1978). Essai de détermination en biologie de la plante entière, de relations essentielles entre le bioclimat naturel, la physiologie de la vigne et la composition des raisins. *Ann. Amel. Plantes* 28 (2):195-221.

Carroll D.E., y Marcy J.E. (1982). Chemical and phisycal changes during maturation of muscadine grapes (*vitis rotundifolia*). *Am. J. Enol. Vitic.* 33:168-172.

Cash J.N., Sistrunk W.A., y Stutte C.A. (1976). Characteristics of Concord grape polyphenoloxidase involved in juice color loss. *J. Food Sci.* 41:1398-402.

- Castino M. (1988). Connaissance de la composition du raisin et du vin. *Bulletin de L'O.I.V.* **689-690**:539553.
- Catalina L., Mazuelos C., Romero R., y Sarmiento R. (1982). Metabolic changes of *Vitis vinifera*, var. Palomino, grapes during ripening in Jerez de la Frontera (Cadiz) zone. *Ann. Edafol. Agrobiol.* **41**:1503-1511.
- Conradie W.J. (1981). Seasonal uptake of nutrients by Chenin blanc in sand culture. II. Phosphorous, potassium, calcium and magnesium. *S. Africa J. Enol. Vitic.* **2**:7-13.
- Coombe B.G. (1960). Relationship of growth and development to changes in sugars, auxins and gibberelins in fruit of seeded and seedless varieties of *Vitis vinifera*. *Plant Physiol.* **35**:241-250.
- Coombe B.G. (1973). The regulation of set and development in the grape berry. *Acta Horticulturae* **34**:261-273.
- Coombe B.G. (1984). The inception of ripening in the grape berry. Quaderni della Scuola di Specializzazione in Viticoltura. pg. 206. Ed. Università di Torino, I. Eynard (eds.).
- Coombe B.G. (1987). Distribution of solutes within the developing grape berry in relation to its morphology. *Am. J. Enol. Vitic.* **38**, (2):120-127.
- Coombe B.G. (1987). Influence of temperature on composition and quality of grapes. *Acta Horticulturae* **206**:23-35.
- Coombe B.G. (1989). The grape berry as a sink. *Acta Hortic.* **239**:149-158.
- Coombe B.G. (1992). Research on development and ripening of the grape berry. *Am. J. Enol. Vitic.* **43**, (1):101-110.
- Coombe B.G., y Bishop G.R. (1980). Development of the grape berry. II. Changes in diameter and deformability during veraison. *Aust. J. Agric. Res.* **31**:499-509.

- Coombe B.G., y Iland P.G. (1986). Grape berry development. In: Proceedings of sixth australian wine industry technical conference. Ed. Australian Industrial Publishers, edited by Terry Lee (1987) pg 50-54.
- Coombe B.G. y Jones G.P. (1983). Measurement of the changes in the composition of undetached grape berries by using ^{13}C NMR techniques. *Phytochemistry* **22**:2185-2187
- Coombe B.G., y Monk P.R. (1979). Proline and abscisic acid content of the juice of ripe Riesling grape berries: effect of irrigation during harvest. *Am. J. Enol. Vitic.* **30**:64-67.
- Courchesne W.E., y Magasanik B. (1983). Ammonia regulation of amino acid permeases in *Saccharomyces cerevisiae*. *Mo. Cell Biol.* **3**:672-683.
- Crippen D.D. JR., y Morrison J.C. (1986). The effects of sun exposure on the phenolic content of Cabernet Sauvignon berries during development. *Am. J. Enol. Vitic.* **37**, (4):243-247.
- Crippen D.D. JR. y Morrison J.C. (1986). The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries. *Am. J. Enol. Vitic.* **37**, (4):235-242.
- Champagnol F. (1977). Physiological state of the wine and quality of the harvest. OIV Symposium on the quality of the vintage, 14-21 February, Cape Town, South Africa. Stellenbosch: Oenological and Viticultural Research Institute, pg 107-116.
- Champagnol F. (1984). *Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale*. pg. 351.
- Champagnol F. (1986). L'acidité des moûts et des vins. Facteurs physiologiques et agronomiques de variation. *Progrès Agricole et Viticole* **15-16**:361-374.
- Champagnol F. (1986). L'acidité des moûts et des vins. *Progrès Agricole et Viticole* **20**:463-465.
- Champagnol F. (1993). Baisse d'acidité: les facteurs agronomiques. *Viti* **180**:37-38.

- Chatterton J.J., y Silvius J.E. (1979). Photosynthate partitioning into starch in soybean leaves. I. Effect of photoperiod *versus* photoperiod duration. *Plant Physiol.* **64**:749-753.
- Christensen P. (1969). Seasonal changes and distribution of nutritional elements in Thompson Seedless grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* **20**:176-190.
- Christensen P. (1975). Response of Thompson Seedless grapevines to the timing of preharvest irrigation cut-off. *Am. J. Enol. Vitic.* **26**, (4):188-194.
- Darné G. (1988). Évolution des différentes anthocyanes des pellicules de Cabernet Sauvignon au cours du développement des baies. *Connaissance Vigne Vin* **22**:225-231.
- Darné G. (1993). Nouvelles hypothèses sur la synthèse des anthocyanes dans les baies et dans les feuilles de vigne. *Vitis* **32**:77-85.
- Darrel S., y Larsen R.P. (1966). Effect of shading and leaf area on fruit soluble solids of the Concord grape, *Vitis Labrusca* L.. *Amer. Soc. for Hort. Sci.* **89**:259-267.
- Donèche B., y Chardonnet C. (1992). Evolution et localisation des principaux cations au cours du développement du raisin. *Vitis* **31**:175-181.
- Doorenbos J., y Pruitt W.O. (1977). Guidelines for predicting crop water requirements. *Irrig. Drain.* pg. 24.
- Downton W.J.S. (1977). Influence of rootstocks on the accumulation of chloride, sodium and potassium in grapevines. *Aust. J. Agric. Res.* **28**:879-889.
- Du Plessis C.S. (1968). Changes in the major organic acids of ripening grapes. *S. Afr. J. Agric. Sci.* **11**:237.

Du Plessis C.S. (1983). Maturité optimale et mesures de qualité autres que la sucre *Bulletin L'O.I.V.* **56**:834-853.

Dupuy P., Combe P., y Salgues M. (1980). Recovery of red color from grape pomace. In: *Proceedings of the University of California (Davis), Grape and Wine Symposium*. pg 298-299 edited in 1982.

Duteurtre B., Bourgeois C., y Chollot B. (1971). Study of the assimilation of proline by brewing yeast. *J. Inst. Brew.* **77**:28-35.

Düring H., y Oggionni F. (1986). Transpiration und Mineralstoffeinlagerung der weinbeere. *Vitis* **25**:59-66.

Düring H., Lang A., y Oggionni F. (1987). Patterns of water flow in Riesling berries in relation to developmental changes in their xylem morphology. *Vitis* **26**:123-131.

Ebel J., y Hahlbrock K. (1982). Biosynthesis. In: *The flavonoids, Advances in Research*. Harborne J.B., y Mabry T.J. (eds.), pg 641-679. Chapman and Hall, New York.

English J.T., Bledsoe A.M., Marois J.J., y Kliewer W.M. (1990). Influence of grapevine canopy management on evaporative potential in the fruit zone. *Am. J. Enol. Vitic.* **42**, (2):137-141.

Erdei L., Miklós E., y Eifert J. (1985). Differences in potassium uptake in grapevines varieties: reasons and perspectives. *Vitis* **24**:174-182.

Esau P. (1967). *Am. J. Enol. Vitic.* **15**:187.

Fernandez de Simon B., Hernández T., Estrella I., y Santamaría G. (1989). Maturité du raisin par rapport a la composition phénolique du moût, pépins et pellicules. In: *IV Symposium International d'Oenologie*. Bourdeaux.

- Fils-Lyscaon B., y Buret M. (1990). Loss of firmness and changes in pectic fractions during ripening and overripening of sweet cherry. *Hortscience* 25:777-778.
- Flanzy M., Bourzeix M., Heredia N., y Dubernet M.O. (1972). La teneur et la répartition des divers composés phénoliques dans le raisin et la rafle de douze cépages. *Compt. Rend.* 58:452-460.
- Fournioux J.C., y Bessis R. (1984). Physiologie de la croissance chez la vigne: influences foliaires. *Vitis* 23 (4):231-241.
- Frayne R.F. (1986). Direct analysis of the major organic components in grape must and wine using HPLC. *Am. J. Enol. Vitic.* 37, (4):281-287.
- Freeman B.M., y Kliewer W.M. (1983). Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane Vines. II Grape and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 34, (3):197-207.
- Freeman B.M., Lee T.H., y Turkington C.R. (1980). Interaction of irrigation and pruning level on grape and wine quality of Shiraz vines. *Am. J. Enol. Vitic.* 31:124-135.
- Freudenberg K., y Weinges K. (1962). The chemistry of flavonoid compounds. Oxford T.A. Geissman. Pergamon Press.
- Gao Y., y Cahoon G.A. (1994). Cluster shading effects on fruit quality, fruit skin color, and anthocyanin content and composition in Reliance (*Vitis* hybrid). *Vitis* 33:205-209.
- Glories Y. (1984a). La couleur des vins rouges. Ire partie. Les équilibres des anthocyanes et des tanins. *Connaiss. Vigne Vin* 18:195-217.
- Glories Y. (1984b). La couleur des vins rouges. 2e partie. Mesure, origine et interpretation. *Connaiss. Vigne Vin* 18:253-271.

Goldstein J.L., y Swain T. (1963). Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry* 2:371-383.

Goldstein J.L., y Swain T. (1965). *Phytochemistry* 4:185.

Gonzalez J. (1989). Comportamiento de compuestos del metabolismo secundario en la maduración de la uva de *Vitis vinifera*. Tesis de la Universidad Autónoma de Madrid (Ciencias químicas).

Goosen H.G. (1956). Irrigation of Sultanas along the lower Orange river. *Farming S. Afr.* 32:45-48.

Gutierrez-Granda J., y Morrison J. (1992). Solute distribution and malic enzyme activity in developing grape berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 43, (4):323-328.

Hale C.R. (1962). Synthesis of organic acids in the fruit of the grape. *Nature* 195:917-918.

Hale C.R. (1977). Relation between potassium and the malate and tartrate contents of grape berries. *Vitis* 16:9-19.

Hale C.R., y Buttrose M.S (1974). Effect of temperature on ontogeny of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 99:390-394.

Harborne J.B., y Simmonds N.W. (1964). The natural distribution of the phenolic aglucones. In: Biochemistry of phenolic compounds. London Academic press. Ed. Harborne J.B.

Hardie W.J., y Considine J.A. (1976). Response of grapes to water-deficit stress in particular stages of development. *Am. J. Enol. Vitic.* 27:55-61.

Hardy P.J. (1967). Sucrose breakdown and synthesis in the ripening grape berry. *Aust. J. Biol. Sci.* 20:465-470.

- Hardy P.J. (1968). Metabolism of sugars and organic acids in immature grape berries. *Plant Physiol.* **43**:224-228.
- Harris J.M., Kriedemann P.E., y Possingham J.V. (1968). Anatomical aspects of grape berry development. *Vitis* **7**:106-119.
- Harris J.M., Kriedemann P.E., y Possingham J.V. (1971). Grape berry respiration: effects of metabolic inhibitors. *Vitis* **9**:291-298
- Haslam E. (1982). Proanthocyanidins. In: The flavonoids. Chapman y Hall Ltd. (eds.). Advances in Research. Academic press, New York.
- Hawker J.S. (1969). Changes in the activities of malic enzyme, malate dehydrogenase, phosphopyruvate carboxylase and pyruvate decarboxylase during the development of a non-climateric fruit (the grape). *Phytochemistry* **8**:19-23.
- Hawker J.S. (1969). Changes in the activities of enzymes concerned with sugar metabolism during the development of grape berries. *Phytochemistry* **8**:9-12.
- Hawker J.S. (1969). Changes in the activities of enzymes concerned with sugar metabolism during the development of grape-vines. *Phytochemistry* **8**:9-17.
- Hebbard S., Goodman K., y Jin H.N. (1993). Chemical analysis of ammonium and amino acids in Chardonnay juices. *The Australian grapegrower and winemaker* pg 19-21.
- Hebrero E., Santos-Buelga C., y Rivas-Gonzalo J.C. (1988). High performance liquid chromatography-diode array spectroscopy identification of anthocyanins of *Vitis vinifera* variety Tempranillo. *Am. J. Enol. Vitic.* **39**, (3):227-233.
- Hebrero E., García-Rodríguez C., Santos-Buelga C., y Rivas-Gonzalo J.C. (1989). Analysis of anthocyanins by High performance liquid chromatography-diode array spectroscopy in a hybrid grape variety (*Vitis vinifera* × *Vitis berlandieri* 41B). *Am. J. Enol. Vitic.* **40**, (4):283-291.

Hepner Y., y Bravdo B. (1985). Effect of crop level and drip irrigation scheduling on the potassium status of Cabernet Sauvignon and Carignane vines and its influence on must and wine composition and quality. *Am. J. Enol. Vitic.* **36**, (2):140-147.

Hepner Y., Bravdo B., Loinger C., Cohen S., y Tabacman H. (1985). Effect of drip irrigation schedules on growth, yield, must composition and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* **36**, (1):77-85.

Hers H.G. (1956). La mecanisme de la transformation de glucose en fructose par les vesicules séinales. *Biochem. Biophys. Acta* **22**:202-203.

Hrazdina G. (1982). Anthocyanins. In: The flavonoids. Advances in Research. Harborne J.B., y Mabry T.J. (eds.), pg 135-188. Chapman and Hall, New York.

Hrazdina G., y Moskowitz A.H. (1980). Subcellular status of anthocyanins in grape skins. In: Proceedings of the University of California (Davis), Grape and Wine Symposium. pg 245-253 edited in 1982.

Hrazdina G., Parsons G.F., y Mattick L.R. (1984). Physiological and biochemical events during development and maturation of grape berries. *Am. J. Enol. Vitic.* **35**, (4):220-227.

Huang Z., y Ough C.S. (1989). Effect of vineyard locations, varieties, and rootstocks on the juice amino acid composition of several cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.* **40**, (2):135-139.

Huang Z., y Ough C.S. (1991). Amino acid profiles of commercial grape juices and wines. *Am. J. Enol. Vitic.* **42**, (3):261-267.

Huglin P. (1986). Biologie et écologie de la vigne. pg 372, Ed. Lausanne.

Hunter D.M., Wiebe J., y Bradt O.A. (1985). Influence of spacing on fruit yields and quality of grape cultivars differing in vine vigour. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **11**:590-596.

- Hunter J.J., de Villiers O.T., y Watts J.E. (1991). The effect of partial defoliation on quality characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon grapes. I-Sugars, Acids and ph. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **12**, (1):42-50.
- Hunter J.J., de Villiers O.T., y Watts J.E. (1991). The effect of partial defoliation on quality characteristics of *Vitis vinifera* L. cv Cabernet Sauvignon grapes. II Skin color, skin sugar and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* **42**, (1):13-18.
- Hunter J.J., Visser J.H., y de Villiers O.T. (1991). Preparation of grapes and extraction of sugars and organic acids for determination by HPLC. *Am. J. Enol. Vitic.* **42**, (3):237-244.
- Iland P.G. (1984). Studies on the composition of pulp and skin of ripening grape berries. Thesis. The University of Adelaide.
- Iland P.G. (1987). Balancing the proton budget in grapes: the K factor. *The Australian grapegrower and winemaker* **281**:21-23.
- Iland P.G. (1987). Interpretation of acidity parameters in grapes and wine. *The Australian grapegrower and winemaker* **4**:81-85.
- Iland P.G., y Coombe B.G. (1988). Malate, Tartrate, Potassium, and Sodium in flesh and skin of Shiraz grapes during ripening: concentration and compartmentation. *Am. J. Enol. Vitic.* **39**, (1):71-76.
- Ingledeu W.M., Magnus C.A., y Sosulski F.W. (1987). Influence of oxygen on proline utilization during the wine fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.* **83**, (3):246-248.
- Intrieric C. (1987). Experiences on the effect of vine spacing and trellis-training system on canopy micro-climate, vine performance and grape quality. *Acta Horticulturae* **206**:69-87.

Isherwood F.A., y Mapson L.W. (1962). Ascorbic acid metabolism in plants: Part II. Biosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 13:329-350.

Jackson D.I. (1986). Factors affecting soluble solids, acid, pH, and color in grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 37, (3):179-183.

Jackson D.I., y Lombard P.B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality - A review. *Am. J. Enol. Vitic.* 44, (4):409-430.

Johnson T., y Nagel C.W. (1976). Composition of Central Washington grapes during maturation. *Am. J. Enol. Vitic.* 27:15-20.

Jones H.G. (1983). *Plants and Microclimate*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Jourjon F., Morlat R., y Seguin G. (1992). Developpment de la vigne et maturation du raisin dans differents terroirs viticoles de la moyenne vallee de la Loire. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 26, (2):51-62.

Kaps M.L., y Cahoon G.A. (1992). Growth and fruiting of container- grown Seyval blanc grapevines modified by changes in crop level, leaf number and position, and light exposure. *Am. J. Enol. Vitic.* 43, (2):191-199.

Kasimatis A.N. (1977). Differential cropping levels of Zinfadel vines. A progress report on some effects on vine growth, fruit composition and wine quality. *int. Symp. Qual. Vintage*. pp 189-196.

Kingston C.M., y Van Epenhuijsen C.W. (1989). Influence of leaf area on fruit development and quality of Italia glasshouse table grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 40, (2):130-134.

Klenert M. (1975). Die Beeinflussung des Zucker- und Sauregehaltes von Traubenbeeren durch kunstliche Veranderung der Umweltbedingungen. *Vitis* 13:308-318.

Kliewer W.M. (1964). Influence of environment of metabolism of organic acids and carbohydrates in *Vitis vinifera*. I. Temperature. *Plant Physiol.* 39:869-880.

Kliewer W.M. (1965). Changes in concentration of glucose, fructose, and total soluble solids in flowers and berries of *Vitis vinifera*. *Am. J. Enol. Vitic.* 16:101-110.

Kliewer W.M. (1965). Changes in concentration of malates, and total free acids in flowers and berries of *Vitis vinifera*. *Am. J. Enol. Vitic.* 16:92-100.

Kliewer W.M. (1966). Sugars and organic acids of *Vitis vinifera*. *Plant Physiol.* 41:923-931.

Kliewer W.M. (1967). The glucose-fructose ratio of *Vitis vinifera* grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 18:33-41.

Kliewer W.M. (1967). Concentration of tartrates, malates, glucose and fructose in the fruits of genus *Vitis*. *Am. J. Enol. Vitic.* 18:87-96.

Kliewer W.M. (1968). Changes in the concentration of free amino acids in grape berries during maturation. *Am. J. Enol. Vitic.* 19:166-174.

Kliewer W.M. (1969). Free amino acids and other nitrogenous substances of table grape varieties. *J. Food Sci.* 34:274-278.

Kliewer W.M. (1970). Free amino acids and other nitrogenous fractions in wine grapes. *J. Food. Sci.* 35:17-21.

Kliewer W.M. (1970). Effect of day temperature and light intensity on coloration of *Vitis vinifera* L. grapes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 95:693-697.

Kliewer W.M. (1970). Effect of time and severity of defoliation on growth and composition of Thompson Seedless grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 42:237-250.

Kliewer W.M. (1971). Effect of day temperature and light intensity on concentration of malic and tartaric acids in *Vitis vinifera* L. grapes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **96**:372-377.

Kliewer W.M. (1973). Berry composition of *Vitis vinifera* cultivars as influenced by photo and nycto-temperatures during maturation. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **98**:153-159.

Kliewer W.M. (1977). Influence of temperature, solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* **28**:98-103.

Kliewer W.M. (1981). Grapevine physiology. How does grapevine make sugar?. *Div. Agric. Sci.*, Leaflet N° 21231 Univ. of California.

Kliewer W.M., y Antcliff A.J. (1970). Influence of defoliation, leaf darkening, and cluster shading on the growth and composition of Sultana grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* **21**:26-36.

Kliewer W.M., y Bledsoe A.M. (1987). Influence of hedging and leaf removal on canopy microclimate, grape composition, and wine quality under California conditions. *Acta Horticulturae* **206**:157-168.

Kliewer W.M., Freeman B.M., y Hosson C. (1983). Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. I Degree of water stress and effect on growth and yield. *Am. J. Enol. Vitic.* **34**, (3):186-196.

Kliewer W.M., y Lider L.A. (1968). Influence of cluster exposure to the sun on the composition of Thompson Seedless fruit. *Am. J. Enol. Vitic.* **19**:175-184.

Kliewer W.M., y Lider L.A. (1970). Effects of day temperatures and light intensity on growth and composition of *Vitis vinifera* L. fruits. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **95**:766-769.

Kliewer W.M., Lider L.A. y Schultz. H.B. (1967). Influence of artificial shading of vineyards on the concentration of sugar and organic acids in grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* **18**:78-86.

Kliewer W.M., Lider L.A. y Schultz. H.B. (1968) . Influence of cluster exposure to the sun on the composition of Thompson Seedless fruit. *Am. J. Enol. Vitic.* 19:157-184.

Kliewer W.M. y Nassar A.R. (1966). Changes in the concentration of organic acids, sugars and amino acids in grape leaves. *Am. J. Enol. Vitic.* 17:48-57.

Kliewer W.M., y Ough C.S. (1970). The effect of leaf area and crop level on the concentration of amino acids and total nitrogen in " Thompson Seedless" grapes. *Vitis* 9:196-206.

Kliewer W.M., y Schultz. H.B. (1973). Effect of sprinkler cooling of grapevines on fruit growth and composition. *Am. J. Enol. Vitic.* 24:17-26.

Kliewer W.M., y Weaver R.J. (1971). Effect of crop level and leaf-area on growth, composition and coloration of "Tokay" grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 2:172-177.

Kluba R.M., Mattick L.R. (1978). Changes in nonvolatile acids and other chemical constituents of New York State grapes and wines during maturation and fermentation. *J. Food Science* 43:717-720.

Kluba R.M., Mattick L.R., y Hackler L.R. (1978). Changes in the free and total amino acid composition of several *Vitis Labrusca* grape varieties during maturation. *Am. J. Enol. Vitic.* 29:102-111.

Kobayashi A., Yukinaga H., y Fukushima T., y Wada H. (1960). Studies on the thermal conditions of grapes. II. Effects of night temperatures on the growth, yield and quality of Delaware grapes. *Bull. Res. Inst. Food Science, Kyoto Univ.* 24:28-42.

Koblet W. (1976). Migration des produits d'assimilation dans la vigne et les soins au feuillage. Wädenswil (CH), sm-fed. Rech., 12 p.s.d.

Koblet W., y Perret P. (1973). Entblatterungsversuche an Reben. Schweiz. Z. *Öbst-Weinbau* 109:512-517.

- Koblet W., Zanier C., Tanner H., Vautier P., Simon J.L., y Gnani F. (1977). Reifeverlauf von Sonnen und Schattentrauben. *Schweiz. Z. Obstund Weinbau* 113:558-567.
- Kotera U., Kodama T., Minoda Y., y Yamada K. (1972). Isolation and chemical structure of new oxidation product of 5-ketogluconic acid, and a hypothetical pathway from glucose to tartaric acid through this new compound. *Agricult. Biol. Chem. (Tokyo)* 36:1315-1325.
- Kriedemann P.E. (1968a). Photosynthesis in vine leaves as a function of light intensity, temperature and leaf age. *Vitis* 7:213-220.
- Kriedemann P.E. (1968b). Observations on gas exchange in the developing Sultana berry. *Aust. J. Biol. Sci.* 21:907-916.
- Kriedemann P.E. (1977). Vineleaf photosynthesis. In: International Symposium on the quality of the vintage, Capetown, South Africa. Stellenbosch, South Africa: Oenological and Viticultural Research Institute. pg. 67-88.
- Kriedemann P.E., Kliewer W.M., y Harris J.M. (1970). Leaf age and photosynthesis in *Vitis vinifera* L. *Vitis* 9:97-104.
- Kupina S.A., Pohl C.A., y Gannotti J.L. (1991). Determination of tartaric, malic and citric acids in grape juice and wine using gradient ion chromatography. *Am. J. Enol. Vitic.* 42 (1):1-5.
- Lafon-Lafourcade S., y Guimberteau G. (1962). Evaluation des aminoacides au cours de la maturation des raisins. *Vitis* 3:130-135.
- Lakso A.N. (1973). The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries. Ph. D. Thesis. University of California, Davis.
- Lakso A.N., y Kliewer W.M. (1975). The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries. I. Enzyme responses. *Plant Physiol.* 56:370-372.

- Lakso A.N., y Kliewer W.M. (1975). Physical properties of phosphoenolpyruvate carboxylase and malic enzyme in grape berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 26:75-78.
- Lakso A.N., y Kliewer W.M. (1978). The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries. II. Temperature responses of net dark CO₂ fixation and malic acid pools. *Am. J. Enol. Vitic.* 29:145-149.
- Lang A., Thorpe M.R., y Edwards W.R.N. (1986). Plant water potencial and translocation. In: Phloem Transport. proc. Int. Conf. Phloem Transport. J. Cronshaw, W.J. Lucas, y R.T. Giaquinta (eds.) pp 193-4. Alan R. Liss, Inc., New York.
- Langridge J., Y McWilliam J.R. (1967). Heat responses of higher plants. In: Thermobiology. Rose A.H. (eds.) Academic Press, London. pg. 232-292.
- Leonard R., y Hanson J.B. (1972). Increased membranebound adenosine triphosphatase activity accompanying development of enhanced solute uptake in wash corn root tissue. *Plant Physiol.* 49:436-440.
- Ley 25/1970. Decreto 835/1972 de 23 de Marzo por el que se aorueba el Reglamento de la ley 25/1970 "Estatuto de la Vifia, del Vino y de los Alcoholes. B.O.E. N° Madrid.
- Lockhart J.A. (1965). Analysis of irreversible plant cell elongation. *J. Theor. Biol.* 8:264-275.
- Lombardo V. (1973). Esperienze di irrigazione della vite nella Sicilia occidentale. *Ricerca Scientifica* 79:220-233.
- Macaulay L.E., y Morris J.R. (1993). Influence of cluster exposure and winemaking processes on monoterpenes and wine olfactory evaluation of golden muscat. *Am. J. Enol. Vitic.* 44, (2):198-204.
- Manugistics (1994). Statgraphics Reference manual version 1,1 (Maryland).

- Maroc-Gyr J. (1965). Le métabolisme du glucose et du gluconate dans les feuilles de *Pelargonium zonale* L., en relation avec la formation d'acides organiques et, en particulier, de l'acide tartrique. *Physiol. Vég.* 3:167-180.
- Maroc J. (1967). La conversion du glycolate en glucose et ses relations avec la biogenèse de l'acide tartrique. *Physiol.* 5:37-46.
- May P. (1965). Reducing inflorescence formation by shading individual sultana buds. *Aust. J. Biol. Sci.* 18:463-473.
- Matthews M.A., y Anderson M.M. (1988). Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: Responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.* 39,(4):313-320.
- Matthews M.A., y Anderson M.M. (1989). Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): Response to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.* 40, (1):52-60.
- Mattick L.R., Rice A.C., y Hoyer J.C. (1970). Determination of fixed acids in musts and wines by GC. *Am. J. Enol. Vitic.* 21:179-183.
- Mattick L.R. (1983). A method for the extraction of grape berries used in total acid, potassium, and individual acid analysis. *Am. J. Enol. Vitic.* 34:49.
- McCarthy H.G., Cirami R.M., y McCloud P. (1983). Vine and fruit responses to supplementary irrigation and canopy management. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 4:67-76.
- McCarthy H.G., y Coombe B.G. (1985). Water status and winegrape quality. *Acta. Hortic.* 171:447-456.
- McCarthy M.G., y Downton W.J.S. (1981). Irrigation of grapevines with sewage effluent. II. Effects on wine composition and quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 32:197-199.

- Mc Closkey L.P., y Yegoyan L.S. (1980). HPLC of anthocyanins in new wines of various varietals of *Vitis vinifera*. In: Proceedings of the University of California (Davis), Grape and Wine Symposium. Pg 295-297 edited in 1982.
- McCord J.D., Trousdale E., y Dewey D.Y. Ryu (1984). An improved sample preparation procedure for the analysis of major organic components in grape must and wine by HPLC. *Am. J. Enol. Vitic.* **35**, (1):28-29.
- McIntyre G.N., Lider L.A., y Ferrari N.L. (1982). The chronological classification of grapevine phenology. *Am. J. Enol. Vitic.* **33**:80-85.
- Meriaux S., Rollin H., y Rutten P. (1979). Effects de la sécheresse sur la vigne. I. Etudes sur Cabernet Sauvignon. *Ann. Agron.* **30**:553-575.
- Meynhardt J.T. (1965). Biosynthesis of dicarboxylic acids through carbon dioxide fixation by enzyme extract from Barlinka grape berries. *S. Afr. J. Agric. Sci.* **8**:381-392.
- Monteiro F.F., y Bisson L.F. (1991). Biological assay of nitrogen content of grape juice and prediction of sluggish fermentations. *Am. J. Enol. Vitic.* **42**, (1):47-57.
- Monteiro F.F., Trousdale E.K., y Bisson L.F. (1989). Ethyl carbamate formation in wine: use of radioactively labeled precursors to demonstrate the involvement of urea. *Am. J. Enol. Vitic.* **40**:1-8.
- Morris J.R., Sims C.A., y Cawton D.L. (1983). Effects of excessive potassium levels on pH, acidity and color of fresh and stored grape juice. *Am. J. Enol. Vitic.* **34**, (1):35-39.
- Morris J.R., Spayd S.E., y Cawton D.L. (1983). Effects of irrigation, pruning severity and nitrogen levels on yield and juice quality of concord grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* **34**, (4):229-233.

- Morrison J.C., y Noble A.C. (1990). The effects of leaf and cluster shading on the composition of Cabernet Sauvignon grapes and on fruit and wine sensory properties. *Am. J. Enol. Vitic.* **41**, (3):193-200.
- MSTAT-C (1990). Manual de referencia versión 2.0, original de la Universidad del estado de Michigan (EE.UU.).
- Mullins M.G., Bouquet A., y Williams L. (1992). Byology of the grapevine. pg 239. Ed. Cambridge University Press.
- Nagel C.W., Baranowski E.S., y Baranowski J.D. (1980). Condesation reactions of flavonoids. In: Proceedings of the University of California (Davis), Grape and Wine Symposium. pg 235-239 edited in 1982.
- Nagel C.W., y Herrick I.W. (1989). The effect of malate or lactate content on the PH-TA relationship of potassium bitartrate saturated alcohol-water solutions. *Am. J. Enol. Vitic.* **40**, (2):81-84.
- Nassar A.R., y Kliewer W.M. (1966). Free aimino acids in various parts of *Vitis vinifera* at different stages of development. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* **89**: 281-294.
- Neja R.A., Wildman W.E., Ayers R.S., y Kasimatis A.N. (1977). Grapevine response to irrigationand trellis treatments in Salinas Valley. *Am. J. Enol. Vitic.* **28**:16-26.
- Neubauer L. W., y Zscheile F.P. (1968). A phytorotor that rotates to admit maximum sunlight. *J. Agr. Eng. Res.* **13**:266-279.
- Nitsch J.P. (1953). The physiology of fruit growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **4**:199-236.
- Niketic-Aleksic G.K., y Hrazdina G. (1972). Quantitative analysis of anthocyanin content in grape juices and wines. *Lebensm. Wiss. Technol.* **5**:163-165.

Nobel P.S. (1974). Introduction to Biophysical Plant Physiology. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

Novello V., Schubert A., Antonietto M., y Boshi A. (1992). Water relations of grapevine. cv. Cortese with different training systems. *Vitis* 31:65-75.

Ough C.S. (1968). Proline content of grapes and wines. *Vitis* 7:321-331.

Ough C.S. (1971). Measurement of histamine in California wines. *J. Agr. Food Chem.* 19:241-244.

Ough C.S., y R.M. Stashak (1974). Further studies on proline concentration in grapes and wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 25:7-12.

Ough C.S., Huang Z., An D., y Stevens D. (1991). Amino acid uptake by four commercial yeasts at two different temperatures of growth and fermentation: effects on urea excretion and reabsorption. *Am. J. Enol. Vitic.* 42:26-40.

Ozawa T., Lilley T.H., y Haslam E. (1987). Polyphenol interactions: astringency and the loss of astringency in ripening fruit. *Phytochemistry* 26:2937-2942.

Pastena B. (1977). Ripening of grapes under dry and irrigated regimes. *Riv. Vitic. Enol.* 30:119-124.

Peterson J.R., y Smart R.E. (1975). Foliage removal effects on Shiraz grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 26:119-124.

Peynaud E. (1947). Etude sur les acides organiques du raisin et du vin. *Bull. O.I.V.* 20:34-51.

Peynaud E. (1958). Evolution des acides organiques et des aminoacides du raisin. *Bull. Soc. Franc. Physiol. Vég.* 4:34-37.

Peynaud E. (1974). *Enología práctica. Conocimiento y elaboración del vino*. Ed. Mundi-Prensa. Capítulo 2, pg.74-114.

Peynaud E., y Maurié A. (1953). Sur l'évolution de azote dans les différentes parties du raisin au cours de la maturation. *Ann. Technol. Agr.* 2:15-25.

Peynaud E., y Maurié A. (1956). Nouvelles recherches sur la maturation du raisin dans le Bordelais, années 1952, 1953, y 1954. *Ann. Tech. Agr.* 4:111-139.

Peynaud E., y Ribéreau-Gayon J. (1971). The grape. In: The biochemistry of fruits and their products. Vol. II 171-205. Hulme A.C. (Eds.). Academic Press London and New York.

Philip T., y Kuykendall J.R. (1973). Changes in titrable acidity, brix, pH, potassium content, malate y tartrate during berry development of Thompson Seedless grapes. *J. Food Sci.* 38:874-876.

Piretti M.V., Serazanetti G.P., y Pistore R. (1980). Influence of seasonal behaviour on the polyphenolic constituents of *Vitis vinifera* (Trebbiano variety) grape-part VII. *Annal. Chim.* 70:615-624.

Pirie A.J.G., y Mullins M.G. (1977). Interrelationships of sugars, anthocyanins total phenols and dry weight in the skin of grape berries during ripening. *Am. J. Enol. Vitic.* 28:204-209.

Pirie A.J.G., y Mullins M.G. (1980). Concentration of phenolics in the skin of grape berries during fruit development and ripening. *Am. J. Enol. Vitic.* 31:34-36.

Polo C., Barahona F., y Caceres I. (1986). Dosage par chromatographie liquide haute performance des principaux acides organiques du vin. *Connaissance Vigne Vin* 20:175-187.

Possner D.R.E., y Kliever W.M. (1985). The localisation of acids, sugars, potassium and calcium in developing grape berries. *Vitis* 24:229-240.

- Possner D.R.E., Ruffner H.P., y Rast D.M. (1981). Isolation and biochemical characterization of grape malic enzyme. *Planta* 151:549-554.
- Possner D.R.E., Ruffner H.P., y Rast D.M. (1983). Regulation of malic acid metabolism in berries of *Vitis vinifera*. *Acta Horticulturae* 139:117-122.
- Pratt C. (1971). Reproductive anatomy in cultivated grapes. A review. *Am. J. Enol. Vitic.* 22:295-298.
- Pratt C., y Coombe B.G. (1978). Shoot growth and anthesis in *Vitis*. *Vitis* 17: 125-133.
- Prior L.D., y Grieve A.M. (1986). Water use and irrigation requirements of grapevines. In: Proceedings of sixth australian wine industry technical conference. Ed. Australian Industrial Publishers, edited by Terry Lee (1987), pg 165-168.
- Radler F. (1965). The effect of temperature on the ripening of Sultana grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 16:38-41.
- Ramos T., Fleuriet A., Rascalou M., y Macheix J.J. (1993). The effect of anaerobic metabolism of grape berry skins on phenolic compounds. *Am. J. Enol. Vitic.* 44, (1):13-16.
- Revilla E., Bourzeix M., y Alonso E. (1991). Analysis of catechins and proanthocyanidins in grape seedes by HPLC with photodiode array detection. *Chromatographia* 31:465-468.
- Reynier A. (1989). "Fisiología de la vid. Manual de viticultura". Ed. Mundi-Prensa.
- Reynolds A.G., y Wardle D.A. (1989). Effects of timing and severity of summer hedging on growth, yield, fruit composition and canopy characteristics of de Chaunac.I. Canopy characteristics and growth parameters. *Am. J. Enol. Vitic.* 40:109-120.

Reynolds A.G., y Wardle D.A. (1989). Effects of timing and severity of summer hedging on growth, yield, fruit composition and canopy characteristics of de Chaunac. II. Yield and fruit composition. *Am. J. Enol. Vitic.* **40**, (4):299-308.

Reynolds A.G., y Wardle D.A. (1989). Impact of various canopy manipulation techniques on growth, yield, fruit composition, and wine quality of Gewürztraminer. *Am. J. Enol. Vitic.* **40**, (2):121-129.

Reynolds A.G., Pool R.M., y Mattick L.R. (1985). Effect of training system on growth, yield, fruit composition, and wine quality of Seyval Blanc. *Am. J. Enol. Vitic.* **36**, (2):156-164.

Reynolds A.G., Pool R.M., y Mattick L.R. (1986). Influence of cluster exposure on fruit composition and wine quality of Seyval blanc grapes. *Vitis* **25**:85-95.

Ribéreau-Gayon P. (1964). Les composés phénolique du raisin et du vin. *Ann. Physiol. Vig.* **6**:211-242.

Ribéreau-Gayon G. (1966). Étude du métabolisme des glucides, des acides organiques et des acides aminés chez *V. vinifera* L. Tesis Sc. Phys., Paris.

Ribéreau-Gayon P. (1968). Les composés phénolique des vegetaux. Ed. Dunod Paris.

Ribéreau-Gayon G. (1968). Étude des mécanismes de synthèse et de transformation de l'acide malique, de l'acide tartrique et de l'acide citrique chez *Vitis vinifera* L. *Phytochem.* **7**:1471-1482.

Ribéreau-Gayon P. (1972). Evolution des composés phénoliques au cours de la maturation du raisin. II- Discussion des résultats obtenus en 1969, 1970 et 1971. *Connaissance Vigne Vin.* **6**:161-175.

Ribéreau-Gayon P., y Glories Y. (1980). Structure of condensed phenolic compounds in vinifera grapes and wine. Influence of ripening and infection by *Botritis Cinera* on phenolic content. In:

Proceedings of the University of California (Davis), Grape and Wine Centennial Symposium. pg 228-234 edited in 1982, University of California Press, Berkeley.

Ribéreau-Gayon P., y Glories Y. (1986). Phenolics in grapes and wines. In: Proceedings of sixth australian wine industry technical conference. Ed. Australian Industrial Publishers, edited by Terry Lee (1987), pg 247-256.

Ribéreau-Gayon J., y Peynaud E. (1964). *Traité d'oenologie*. Lib Beranger. Paris.

Ribéreau-Gayon J., y Peynaud E. (1982). *Tratado de ampelografia*. Ciencias y técnicas de la viña. Ed. Hemisferio Sur Tomo 1.

Ribéreau-Gayon J., Peynaud E., Ribéreau-Gayon P., y Sudraud P. (1975). *Traité d'oenologie Sciences et techniques du vin*. Edit Dunod, Paris, Tomo 1.

Ribéreau-Gayon J., Peynaud E., Ribéreau-Gayon P., y Sudraud P. (1975). *Traité d'oenologie Sciences et techniques du vin*. Ed. Dunod, Paris Tomo 2, Capítulos 3 y 4 pag. 117-175.

Ribéreau-Gayon J., Peynaud E., Ribéreau-Gayon P., y Sudraud P. (1976). *Traité d'oenologie Sciences et techniques du vin*. Ed. Dunod, Paris Tomo 3.

Ribéreau-Gayon G., y Ribéreau-Gayon P. (1963). Utilisation de $^{14}\text{CO}_2$ et de glucose- $\text{U-}^{14}\text{CO}_2$ pour l'étude du métabolisme des acides organiques de *Vitis vinifera* L.C.R.Hebd. Séances Acad. Sci. (Paris) **257**:778-780.

Ribéreau-Gayon P., y Stonestreet E. (1965). Les dosage des anthocyanes dans la vin rouge. *Bull. Soc. Chim. France* 2649-2652.

Ribéreau-Gayon P., y Stonestreet E. (1966). Dosage des tanins du vin rouge et détermination de leur structure. *Chim. Anal.* **48**:188-196.

Richmond M.L., Brandeo S.C.C., Gray J.J., Markakis P., y Stine Ch.M. (1981). Analysis of simple sugars and sorbitol in fruit by high performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* (1):4-7.

Roggero J.P., Coen S., y Ragonnet B. (1986). High performance liquid chromatography survey on the changes in pigment content in ripening grapes of Syrah. An approach to anthocyanin metabolism. *Am. J. Enol. Vitic.* 37, (1):77-83.

Rojas-Lara B.A., y Morrison J.C. (1989). Differential effects of shading fruit or foliage on the development and composition of grape berries. *Vitis* 28:199-208.

Roson J.P., Baudel J., y Moutounet M. (1988). Composition des raisins en anthocyanes et en tanins et qualité de la vendange. *Progrès Agricole et Viticole* 24:569-573.

Rothstein A. (1972). Ion transport in microorganisms in: Hokin L.E. (Eds): *Metabolic Pathways*. Vol.VI, 17-39. Academic Press, New York.

Roubelakis-Angelakis K.A., y Kliever W.M. (1986). Effects of exogenous factors on phenylalanine ammonia-lyase activity and accumulation of anthocyanins and total phenolics in grape berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 37:275-280.

Ruffner H.P. (1973). *Biogenese und translokation von tartrat in der Weinrebe*. Diss. Universität Zürich.

Ruffner H.P. (1982). Metabolism of tartaric and malic acids in vitis. A review-part A. *Vitis* 21:247-259.

Ruffner H.P. (1982). Metabolism of tartaric and malic acids in Vitis. A review-part B. *Vitis* 21:346-348.

Ruffner H.P., y Kliever W.M. (1975). Phosphoenolpyruvate carboxykinase activity in grape berries. *Plant Physiol.* 56:67-71.

Ruffner H.P., Hawker J.S., y Hale C.R. (1976). Temperature and enzymatic control of malate metabolism in berries of *Vitis vinifera*. *Phytochemistry* 15:1877-1880.

Ruffner H.P., Koblet W., y Rast D.M. (1975). Gluconeogenese in reifenden Beeren von *vitis vinifera*. *Vitis* 13:319-328.

Ruffner H.P., y Rast D.M. (1974). Die biogenese von tartrat in der Weinrebe. *Z. Pflanzenphysiol.* 73:45-55.

Ruffner H.P., Possner D., Brem S., y Rast D.M. (1984). The physiological role of malic enzyme in grape ripening. *Planta* 160:444-448.

Rühl E.H. (1989). Effect of potassium and nitrogen supply on the distribution of minerals and organic acids and the composition of grape juice of Sultana vines. *Austral. J. Exper. Agricult.* 29:133-137.

Rühl E.H. (1992). Effect of K supply and relative humidity on ion uptake and distribution on two grapevine rootstock varieties. *Vitis* 31:23-33.

Rühl E.H., y Alleweldt G. (1985). Investigations into the influence of time of irrigation on yield and quality of grapevines. *Acta Horticulturae* 171:457-462.

Rühl E.H., Clingeffer P.R., Nicholas P.R., Cirami R.M., McCarthy M.G., y Whiting J.R. (1988). Effect of rootstocks on berry weight and pH, mineral content and organic acid concentrations of grape juice of some wine varieties. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 28:119-125.

Sacher J.A. (1973). Senescence and postharvest physiology. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:197-224.

- Saito K., y Kasai Z. (1968). Accumulation of tartaric acid in the ripening process of grapes. *Plant Cell Physiol.* 9:529-537.
- Saito K., y Kasai Z. (1969). Tartaric acid synthesis from L-ascorbic acid-1-¹⁴C in grape berries. *Phytochem.* 8:2177-2182.
- Saito K., y Loewus F.A. (1979). The metabolism of L-(6-¹⁴C)-ascorbic acid in detached grape leaves. *Plant and Cell Physiol.* 20:1481-1488.
- Sapis J.C., Macheix J.J., y Cordonnier R.E. (1983). The browning capacity of grapes: I. Changes in poliphenol oxidasa activities during development and maturation of the fruit. *J. Agricult. Food Chem.* 31:342-345.
- Shaulis N.J. (1980). Responses of grapevines and grapes to spacing of and within canopies. Proc. Symp. Grape and wine Cent. Webb A.D. (eds.). (Univ. of Calif., Davis). pg. 353-361.
- Schneider A., Gerbi V., y Redoglia M. (1987). A rapid method for separation and determination of major organic acids in grape musts and wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 38, (2):151-155.
- Scienza M., Fregoni M., y Boselli M. (1981). Report on the geological origin of the soil and the poliphenolic composition of wine from Schiava in upper adige. *Vignevini* 8, (3):39-44.
- Seguin G. (1970). Les sols de vignobles du Haut-Médoc. Influence sur l'alimentation en eau de la vigne et sur la maturation du raisin. Thèse Doctorat és Sciences Naturelles, Univ. Bourdeaux.
- Sepúlveda G., y Kliwer W.M. (1986). Effect of high temperature on grapevines (*Vitis vinifera* L.). II Distribution of soluble sugars. *Am. J. Enol. Vitic.* 37, (1):20-25.
- Singleton V.L. (1966). The total phenolic content of grape berries during the maturation of several varieties. *Am. J. Enol. Vitic.* 17:126-134.

Singleton V.L. (1980). Grape and wine phenolics; background and prospects. In: Proceedings of the University of California (Davis), Grape and Wine Symposium. pg 215-227 edited in 1982.

Singleton V.L. (1988). Wine phenols. Linskens H.F., y Jackson J.F. (eds.) pg 173-218 Ed. Springer-Verlag.

Singleton V.L., y Esau P. (1969). Phenolic substances in grapes and wine and their significance. Adv. Food Research. Suppl. 1:1-282. Academic Press, New York.

Singleton V.L., y Rossi Jr. J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16:144-158.

Sissakian N.M., Egorov I.A., y Afrikian B.A. (1948). Biolimicheskie osobennosti vinograda i ikh svyaz's tekhnologiei vina. *Biokhim. Vinodeliya* 2.

Smart R.E. (1973). Sunlight interception by vineyards. *Am. J. Enol. Vitic.* 24:141-147.

Smart R.E. (1974). Photosynthesis by grapevine canopies. *J. Appl. Ecol.* 11:997-1006

Smart R.E. (1980). Vine manipulation to improve wine grape quality. In: Proceedings of the Grape and Wine Centennial Symposium, University of California, Davis. A.D. Webb (ed. in 1982) pg 362-75.

Smart R.E. (1983). Canopy microclimates and effects on wine quality. Lee T.H. y Somers T.C. (eds.). In: Proc. Aust. wine Res. Ins. Con. (Perth, Australia). pg. 113-132.

Smart R.E. (1985). Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 36:230-239.

Smart R.E. (1987). Influence of light on composition and quality of grapes. *Acta Horticulturae* 206:37-47.

Smart R.E., y Coombe B.G. (1983). Water relations of grapevines. In: Water deficits and plant growth. Vol. VII, Kozlowski T.T. (eds.). pg 137-196. Academic Press, New York.

Smart R.E., y Robinson J.B.(1991). Sunlight into wine: a handbook for winegrape canopy management. Ministry of Agriculture and Fisheries, New Zealand.

Smart R.E., Robinson J.B., Due G.R., y Brien C.J. (1985). Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. I. Definition of canopy microclimate. *Vitis* 24:17-31.

Smart R.E., Robinson J.B., Due G.R., y Brien C.J. (1985). Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. II. Effects on must and wine composition. *Vitis* 24:119-128.

Smart R.E., Smith S.M., y Winchester R.V. (1988). Light quality and quality effects on fruit ripening for Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 39:250-258.

Smart R.E., Turkington C.R., Evans J.C. (1974). Grapevine responses to furrow and trickle irrigation. *Am. J. Enol. Vitic.* 25:62-66.

Somers T.C. (1968). Pigment profiles of grapes and wines. *Vitis* 7:303-320.

Somers T.C. (1971). The polymeric nature of wine pigments. *Phytochemistry* 10:2175-86.

Somers T.C. (1975). In search of quality red wines. *Food Technol. Aust.* 27:49-56.

Somers T.C. (1976). Pigment development during ripening of the grape. *Vitis* 14:269-277.

Somers T.C. (1986). Assessment of phenolic components in viticulture and oenology. In: Proceedings of sixth Australian wine industry technical conference. Ed. Australian Industrial Publishers, edited by Terry Lee (1987), pg 257-260.

Somers T.C., y Evans M.E. (1974). Wine quality: correlations with colour density and anthocyanin equilibria in a group of young red wines. *J. Sci. Food Agric.* 25:1369-1379.

Somers T.C., y Evans M.E. (1977). Spectral evaluation of young red wines: anthocyanin equilibria, total phenolics, free and molecular SO₂, "chemical age". *J. Sci. Food Agric.* **28**:279-287.

Somers T.C., y Evans M.E. (1986). Evolution of red wines. I. Ambient influences on colour composition during early maturation. *Vitis* **25**:31-39.

Somers T.C., y Pocock K.F. (1986). Phenolic harvest criteria for red vinification. *Aust. Grapegrower and Winemaker* **268**:24, 26, 27, 29, 30.

Somers T.C., y Vérette E. (1988). Phenolic composition of natural wine types. Linskens H.F., y Jackson J.F. (eds.) pg 219-257 Ed. Springer-Verlag.

Somers T.C., y Ziemelis G. (1985). Spectral evaluation of total phenolic components in *Vitis vinifera*: grapes and wines. *J. Sci. Food Agric.* **36**:1275-1284.

Sparks D., y Larsen R.P. (1966). Effect of shading and leaf area on fruit soluble solids of the Concord grape, *Vitis Labrusca* L.. *Am. Soc. for Hortic. Sci.* **89**:259-267.

Spayd S.E., Nagel C.W., Hayrynen L.D., y Ahmedullah M.(). Effect of freezing fruit on the composition of musts and wines. *Am. J. Enol. Vitic.* **38**, (3):243-245.

Spiegel-Roy P., y Bravdo B. (1964). Le régime hydrique de la vigne. *Bulletin de l'O.I.V.* **37**:113-140 y 232-248.

Stafford H.A., y Loewus F.A. (1958). The fixation of ¹⁴CO₂ into tartaric and malic acids of excised grape leaves. *Plant Physiol.* **33**:194-199.

Stanley H.G., Miller D.P., Edson C.E., y Stregler R.K. (1991). Influence of training system and pruning severity on yield, vine size, and fruit composition of vigneoles grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* **42**, (3):191-198.

Steffan H., y Rapp A. (1979). Ein Beitrag zum Nachweis unterschiedlicher malatpools in Beeren der Rebe. *Vitis* 18:100-105.

Steffan H., Rapp A., Ullemeyer H., y Kupfer G. (1975). über den reifeabhängigen Säure-Zucker-Stoffwechsel bei Beeren von vitis-vinifera-Sorten, untersucht mit ^{14}C -Verbindungen. *Vitis* 14:181-189.

Stevens R.M., y Cole P.J. (1986). Grape must composition depends on irrigation management. In: Proceedings of sixth australian wine industry technical conference. Ed. Australian Industrial Publishers, edited by Terry Lee (1987), pg159-164.

Stoev K.D., Manarov P.T., y Benchev I.B. (1960). Sugars and free amino acids during ripening and dormancy of the grape plant. (trans) *Fiziol. Rast.* 7:145-50.

Storey R. (1987). Potassium localization in the grape berry pericarp by energy-dispersive X-ray microanalysis. *Am. J. Enol. Vitic.* 38:301-309.

Suresh E.R., y Ethiras S. (1987). Effect of grape maturity on the composition and quality of wines made in India. *Am. J. Enol. Vitic.* 38, (4):329-331.

Timberlake C.F. (1980). Factors affecting red wine color: the use of a "coloration" constant in evaluating red wine color. pg 240-244. In: Proceedings of the University of California (Davis), Grape and Wine Symposium. pg 240-244 edited in 1982.

Timberlake C.F., y Bridle B. (1967). Flavylum salts, anthocyanidins, and anthocyanins. I. Structural transformations in acid solutions. *J. Sci. Food Agric.* 18:473-478.

Tomana T., Utsunomiya N., y Kataoka I. (1979). The effect of environmental temperatures on fruit ripening on the tree. II. The effect of temperatures around whole vines and clusters of "Kyoho" grapes. *J. Japan. Hort. Sci.* 48:261-266.

Vaadia Y., y Kasimatis A.N. (1961). Vineyard irrigation trials. *Am. J. Enol. Vitic.* 12:88-98.

Valero Edelmira, Sanchez-Ferrer A., Varón R., y García-Carmona F. (). Evolution of grape polyphenol oxidase activity and phenolic content during maturation and vinification. *Vitis* 28:85-95.

Van der Heide C. y Schmitthenner F. (1922). Der Wein 86-88. Vieweg und Sohn, Braunschweig

Van Zyl J.L. (1984). Response of Colombar grapevines to irrigation as regards quality aspects and growth. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 5:19-28.

Van Zyl J.L., y Huyssteen L.V. (1980). Comparative studies on wine grapes on different trellising systems: II. Microclimate studies, grape composition and wine quality. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 1:15-25

Van Zyl J.L., y Weber H.W. (1977). Irrigation of Chenin blanc in the Stellenbosch area within the framework of the climate-soil-water-plant continuum. In: Proc. Int. O.I.V. Symposium on the quality of the vintage. Capetown, South Africa. pg. 331-350.

Weinges K., Giorissen H., Lontie R. (1968). Les procyanidines dimères naturelles. *Ann. Physiol. Veg* 11:67-82

Wick A.S., y Kliewer W.M. (1983). Further investigations into the relationship between anthocyanins phenolics and soluble carbohydrates in grape berry skins. *Am. J. Enol. Vitic.* 4, (2):114-116.

Wilson A.M., Work T.M., Bushway A.A., y Bushway R.J. (1981). HPLC determination of fructose, glucose and sucrose in potatoes. *J. Food Sci.* 46:300-301.

Williams L.E., y Biscay P.J. (1991). Partitioning of dry weight, nitrogen, and potassium in Cabernet Sauvignon grapevines from anthesis until harvest. *Am. J. Enol. Vitic.* 42, (2):113-117.

Williams L.E., Biscay P.J., y Simth R.J. (1987). Effect of interior canopy defoliation on berry composition and potassium distribution in Thompson Seedless grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 38, (4):287-292.

Williams L.E., y Matthews M.A. (1990). Grapevine. In: Irrigation of Agricultural crops Agronomy Monograph nº 30. Stewart B.A. y Nielsen D.R. (eds.). pg 1019-1055. Madison, Wisconsin U.S.A.

Winkler A.J., Cook J.A., Kliewer W.M., y Lider L.A. (1974). General Viticulture. University of California Press, Berkeley. pg 710.

Wulf L.W., y Nagel C.W. (1978). HPLC separation of anthocyanins of *Vitis vinifera*. *Am. J. Enol. Vitic.* 29:42-50.

Ximénex Herraiz L. (1980). Espectroscopía de absorción atómica. Publicaciones Analíticas. Madrid.

Zoecklein B.W., Wolf T.K., Duncan N.W., Judge J.M., y Cook M.K. (1992). Effects of fruit zone leaf removal on yield, fruit composition, and fruit rot incidence of Chardonnay and white Riesling. (*Vitis vinifera* L.) Grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 43, (2):139-148.

Reunido, en el día de hoy, el Tribunal que al
 margen se expresa, para juzgar esta tesis doctoral,
 acordó por UNANIMIDAD calificarla
 de APTO CON LA VOTE
 Madrid, 2 de JULIO de 1995
 El Secretario del Tribunal
L. Dolores Tenorio

Presidente:
 Dr. ESPERANZA IDRIJA JSABA

Vocales:
 Dr. JUAN ANTONIO SUAREZ LOPE
 Dr. F. JAVIER LOPEZ ANDREU
 Dr. ROSA M. GUSTAVAN ANDREU

Secretario:
 Dr. M. DOLORES TENORIO SANZ